

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Erika Marjava

PÖLYNHALLINTA RAKENNUSTYÖMAALLA

Opinnäytetyö 2011

# TIIVISTELMÄ

## KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

### Rakennustekniikan koulutusohjelma

MARJAVA, ERIKA

Pölynhallinta rakennustyömaalla

Opinnäytetyö

51 sivua + 15 liitesivua

Työn ohjaajat

Tarmo Kontro ja Marko Viinikainen

Toimeksiantaja

Kotkan Kaupunki Tilapalvelu Talokunnossapito

Toukokuu 2011

Avainsanat

rakennuspöly, pölynhallinta, sisäilmastoluokitus 2008, pölymääramittaus

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli kerätä tietoa rakennuspölynhallinnasta, kartoittaa millaisia pölynhallintamenetelmiä on käytettävissä sekä pölynhallintalaitteiden ja toimenpiteiden teoreettista vaikutusta syntyvän pölyn määrään sekä sisäilmaston laatuun.

Työn teoriaosassa kerrotaan rakennuspölystä, sen koostumuksesta, syntytaivoista ja terveysvaikutuksista. Rakennuspölynhallintaan liittyvät lainsäädännölliset velvoitteet ja vastuut sekä sisäilmastoluokitus 2008-ohjeistus on käsitelty myös työn alkukappaleissa.

Opinnäytetyön taustalla oli todellinen korjausrakennuskohde, jossa tehtiin IV-muutostöitä. Työmaakohteen rakennusteknisten töiden pohjalta opinnäytetyössä käsitellään rakennuspölynhallintaan liittyviä työmenetelmiä, suojarakenteita sekä pölynhallintakalustoa teoreettisesti. Työmaan sisäilmaa tutkittiin suorittamalla kohteessa pölymääramittauksia pinnoilta sekä mittaamalla hiukkaspitoisuuksia sisäilmasta. Mittausten perusteella voitiin todeta rakennussiivouksen onnistuneen ja uusien IV-laitteiden parantavan sisäilman laatua huomattavasti.

Rakennusprojektissa onnistunut rakennuspölynhallinnan läpivieminen edellyttää hankkeen eri osapuolien sitoutumista, heidän toimien yhteensovittamista sekä oikeiden pölynhallintamenetelmien käyttöä.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Construction Engineering

MARJAVA, ERIKA

Bachelor`s Thesis

Supervisor

Commissioned by

May 2011

Construction Dust Control in the Construction Site

51 pages + 15 pages of appendices

Tarmo Kontro, Principal Lecturer, Marko Viinikainen, Lecturer

Facility Services of Kotka

Construction Dust, Dust Control, Indoor Air Classification 2008, Amounts  
of Dust Measurement

The purpose of this thesis was to collect information on the construction dust control in construction site and to find what kind of dust control techniques and equipment are in use. Also, the impact of the measures on the amount of dust and indoor air quality were also investigated.

The theoretical part describes the construction dust, its composition, origin and health effects. Related legal obligations and responsibilities as well as the indoor air classification 2008 are also discussed.

The thesis was related to a real renovation target, which was made to modify the ventilation. On the basis of construction work the thesis deals with the construction dust management work procedures, protective structures, as well as dust control devices on the theoretical level. The indoor air of the construction site was studied by performing measurements in dust on surfaces and dust in indoor air. Measurements proved that the cleaning was sufficient, and the new air conditioning system had significantly improved indoor air quality.

Successful execution of dust project management requires the commitment of various parties, the coordination of their actions, as well as the correct use of dust control methods.

## ALKUSANAT

Työn taustaorganisaatiossa toimeksiantajan puolelta oli ohjaajana siivouspäällikkö Leena Järvinen ja työmaalla vastaava rakennusmestari Kari Peltonen. Kymenlaakson ammattikorkeakoulusta ohjaajina toimivat yliopettaja Tarmo Kontro sekä pt. tuntiopettaja Marko Viinikainen. Heille kaikille tahdon osoittaa lämpimät kiitokset yhteistyöstä, käyttämästään ajasta sekä tiedoista, joita olen heiltä saanut. Lisäksi haluaisin kiittää myös perhettäni, joka antoi minulle korvaamatonta tukea ja henkisiä voimavaroja tämän työn tekemiseen.

Erika Marjava

23.05.2011

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

## ALKUSANAT

1 JOHDANTO .....	7
2 LAINSÄÄDÄNNÖLLISET VELVOITTEET .....	8
2.1 Suomen rakentamismääräyskokoelma .....	8
2.2 Työturvallisuuslaki .....	8
2.3 Muita ohjeistavia asiakirjoja .....	10
3 SISÄILMASTOLUOKITUS 2008.....	10
3.1 Sisäilmastoluokat .....	10
3.2 Puhtausluokitus P .....	11
3.3 Ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokitus (P) .....	12
4 RAKENNUSPÖLY .....	13
4.1 Betonipöly .....	14
4.2 Kivi- ja tiilipöly .....	14
4.3 Mikrobit.....	15
4.4 PCB-pöly .....	17
4.5 Puupöly.....	17
4.6 Laasti- ja tasoitepöly.....	18
4.7 Asbesti .....	18
4.8 Eristevillat .....	20
5 RAKENNUSPÖLYNHALLINNAN MENETELMIÄ .....	20
5.1 Purkusuunnitelma.....	21
5.2 Työmenetelmät .....	22
5.3 Pölynpoistolaitteet .....	23
5.3.1 Matalapaineinen kohdepoisto .....	24
5.3.2 Alipaineistus .....	24
5.3.3 Korkeapaineinen kohdepoisto .....	25
5.3.4 Imurit .....	26
5.3.5 Ilmanpuhdistimet .....	26
5.4 Osastointi.....	26
5.5 Suojaukset .....	27
5.5.1 Suojaseinät.....	27

5.5.2 Muu suojaus.....	28
5.6 Rakennusaikainen siivous .....	28
5.7 Työmaan tiedotteet ja perehdytys .....	30
6 AIEMMAT TUTKIMUKSET .....	30
7 TYÖMAAKOHDE .....	31
8 MITTAUKSET .....	32
8.1 BM-DustDetector .....	33
8.2 AEROTRAK 8820 hiukkaslaskuri.....	33
8.3 Mittaussuunnitelma .....	34
8.3.1 BM-DustDetector .....	34
8.3.2 AEROTRAK 8820 .....	36
8.4 Mittaustyön suorittamisen haasteet .....	36
9 TULOKSET JA NIIDEN ANALYSOINTI .....	37
9.1 BM-DustDetector .....	37
9.2 AEROTRAK 8820 .....	40
9.2.1 Huone 133 .....	40
9.2.2 Huone 129 .....	42
9.2.3 Huone 108 .....	44
9.2.4 Huone 145 .....	45
9 YHTEENVETO .....	48
LÄHTEET.....	50
LIITTEET	
Liite 1. Rakennuksen puhtausluokitus P1	
Liite 2. Mittauspöytäkirja 13.11.2009	
Liite 3. Mittauspöytäkirja 18.12.2009	
Liite 4. Mittauspöytäkirja huone 133	
Liite 5. Mittauspöytäkirja huone 129	
Liite 6. Mittauspöytäkirja huone 108	
Liite 7. Mittauspöytäkirja huone 145	

## 1 JOHDANTO

Rakennustyömaan ympäristöhaittoja ovat melu, työmaaliikenne ja rakennuspöly. Tässä opinnäytetyössä keskityttiin käsittelemään rakennuspölyä, pölynhallintaa ja rakennuspölyn vaikutusta sisäilmaston laatuun. Työssä selvitetään rakennuspölyn syntymekanismeja, suojaustoimenpiteitä ja pölynhallintamenetelmiä.

Opinnäytetyöni koostuu kahdesta erillisestä osiosta. Teoriaosassa käsitellään rakennuspölyä jo olemassa olevien ohjeistusten ja tutkimustulosten pohjalta. Toisessa osassa kerrotaan todellisessa työmaakohteessa tehdyistä pölymääramittauksista ja kuinka pölynhallinta oli siellä toteutunut.

Aiheen laajuudesta johtuen työ rajattiin koskemaan vain tiettyä osaa ja menetelmiä rakennuspölynhallinnassa. Teoriaosassa kerrotaan aiheesta pääpiirteittäin. Aiheet, joita käsitellään yksityiskohtaisemmin, pohjautuvat case-työmaalla tehtyihin rakennustöihin ja siellä suoritettuihin pölymittauksiin. Työmaakohteena oli Karhulan mielenterveystoimisto, jossa uusittiin IV-kanavat ja koneet. Rakennustyö oli vaiheistettu neljään eri jaksoon, jotka sijoittuivat lokakuun 2009 ja huhtikuun 2010 väliselle ajalle.

Opinnäytetyön tavoite oli koota tietoa rakennuspölynhallinnasta. Kartoittaa, millaisia pölynhallintamenetelmiä on käytettävissä sekä pölynhallintalaitteiden ja toimenpiteiden teoreettista vaikutusta syntyvän pölyn määrään sekä sisäilmaston laatuun.

Aiheen valinta opinnäytetyölle oli selkeä, sillä lisääntyneet sisäilmasto-ongelmat ovat käynnistämisperusteena monelle korjausrakentamisprojektille. Onnistuneella rakennuspölynhallinnalla voidaan nostaa rakentamisen laatua ja parantaa sisäilmasto olosuhteita. Rakennuspölynhallinnan hyödyt näkyvät yleisissä kustannussäästöissä, työtehokkuuden lisääntymisenä sekä turhien rakennuskustannusten karsiintumisena.

Opinnäytetyön aloitus ajoittui vuoden 2009 syksyyn, jolloin Karhulan mielenterveystoimistolla aloitettiin rakennustyöt. Case kohteen pölynhallintaa tutkittiin tekemällä pölymääramittauksia eri rakennustyövaiheissa ja perehtymällä pölynhallinnasta jo saatavilla oleviin aikaisempiin tutkimuksiin sekä muuhun teoriamateriaaliin. Näiden edellä mainittujen perusteella pyrittiin saavuttamaan opinnäytetyölle asetetut tavoitteet.

## 2 LAINSÄÄDÄNNÖLLISET VELVOITTEET

### 2.1 Suomen rakentamismääräyskokoelma

Rakentamista ohjataan lainsäädännöllisin keinoin. Rakentajalla on apuna ja ohjeistuksena Suomen rakentamismääräyskokoelma, jonka määräykset koskevat uuden rakennuksen rakentamista. Rakennuksen korjaus- ja muutostöissä määräyksiä sovelletaan, jollei määräyksissä määrätä toisin, vain siltä osin kuin toimenpiteen laatu ja laajuus sekä kyseisen rakennuksen tai sen osan mahdollisesti muutettava käyttötapa edellyttää. Ohjeet sen sijaan eivät ole velvoittavia, vaan muitakin ratkaisuja voidaan käyttää, jos ne täyttävät rakentamiselle asetetut vaatimukset. (1)

Rakennustyömaan pölynhallinnan vaatimuksiin on olemassa seuraavia lakinkohtia:

- A1 (2006) Rakentamisen valvonta ja tekninen tarkastus
  - Perustuu maankäyttö- ja rakennuslakiin (132/1999)
- A2 (2002) Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat
  - Perustuu maankäyttö- ja rakennuslakiin (132/1999)
- D2 (2010) Rakennuksen sisäilmasto ja ilmanvaihto
  - Perustuu maankäyttö- ja rakennuslakiin (132/1999)

Suomen rakentamismääräyskokoelman A Yleisessä osassa ohjataan rakentamisen valvontaa, teknisiä tarkastusmenetelmiä, määrittellään rakennuksen suunnittelijoiden pätevyys ja tarvittavat suunnitelmat. D2-osassa ohjeistetaan rakennuksen sisäilmastoon ja ilmanvaihtoon liittyvissä asioissa.

### 2.2 Työturvallisuuslaki

Työturvallisuuslain (738/2002) tarkoitus on parantaa työympäristöä ja työolosuhteita työntekijöiden työkyvyn turvaamiseksi ja ylläpitämiseksi sekä ennalta ehkäistä ja torjua tapaturmia, ammattitauteja ja muita haittoja. Laissa esitetään myös rangaistussäännökset, mikäli tahallaan tai huolimattomuudesta lakia koskettavat henkilöt laiminlyövät tätä lakia tai sen nojalla annettuja säädöksiä. (2)



Rakennustyömaan pölynhallintaan liitettäviä pykäläitä ovat:

- Työnantajan yleinen huolehtimisvelvoite 8 §
- Työsuojelun toimintaohjelma 9 §
- Työn vaarojen selvittäminen ja arviointi 10 §
- Erityistä vaaraa aiheuttava työ 11 §
- Työympäristön suunnittelu 12 §
- Työnsuunnittelu 13 §
- Työntekijälle annettava opetus ja ohjaus 14 §
- Henkilösuojainten, apuvälineiden ja muiden laitteiden varaaminen käyttöön 15 §
- Työnantajan ja työntekijöiden välinen yhteistoiminta 17 §
- Työntekijän yleiset velvollisuudet 18 §
- Vikojen ja puutteellisuuden poistaminen ja niistä ilmoittaminen 19 §
- Henkilösuojainten käyttö ja soveltuva työvaatetus 20 §
- Työpaikan ilmanvaihto ja työhuoneen tilavuus 33 §
- Järjestys ja siisteys 36 §
- Ilman epäpuhtaudet 37 §
- Yhteisellä työpaikalla toimivien huolehtimisvelvollisuus 49 §
- Pääasiallista määräysvaltaa käyttävän työnantajan velvollisuudet yhteisellä työpaikalla 51 §
- Velvollisuudet yhteisellä rakennustyömaalla 52 §
- Itsenäisen työnsuorittajan velvollisuudet yhteisellä työpaikalla 53 §

- Työturvallisuusrikkomus 63 §

### 2.3 Muita ohjeistavia asiakirjoja

Muita ohjeistavia asiakirjoja hyvän sisäilmaston saavuttamiseksi ja rakennuspölynhallinnan suunnittelun tueksi ovat asiakirjat rakennustöiden yleisistä laatuvaatimuksista, urakkarajaliitteet, RT- ja LVI-ohjekortit sekä muut rakentamiseen liittyvät asiakirjat.

## 3 SISÄILMASTOLUOKITUS 2008

Sisäilmastoluokitus 2008 on tarkoitettu käytettäväksi rakennus- ja taloteknisen suunnittelun ja urakoinnin apuna. Luokitusta voidaan käyttää uudisrakentamisen lisäksi myös soveltuvien osin korjausrakentamisessa. Luokitus antaa sisäilmaston tavoite- ja suunnitteluarvot ja asiakirjaan voidaan viitata rakennusselostuksessa ja LVI-selostuksessa. (3, 1)

Korjausrakentamisen sisäilmastotavoitteiden ei tulisi poiketa uudisrakentamisen tavoitteista. Käytännössä uudis- ja korjausrakentamisen tarkoitusten samankaltaisuudesta huolimatta korjausrakentamisessa joudutaan ottamaan huomioon rakennuksen jo olemassa olevat rakenteet ja tekniikan asettamat rajoitteet. On tärkeää, että korjausrakentamisen tavoitteet asetetaan realistisesti sisäilmastotavoitteiden osalta. Kohtuullisilla tavoitteilla, hyvällä suunnittelulla sekä onnistuneella rakennuspölynhallinnalla rakennusprojektin tuloksena onnistutaan luomaan puhdas ja käyttäjiä hyvin palveleva rakennus. (4)

### 3.1 Sisäilmastoluokat

Sisäilmastoluokat on jaoteltu kolmeen eri tasoon: S1, S2 ja S3. Näistä S1, yksilöllinen sisäilmasto, on tavoitearvoiltaan vaativin ja S3, tyydyttävä sisäilmasto, täyttää rakentamismääräysten vähimmäisvaatimukset. Sisäilmastoluokat on esitetty taulukossa 1.

Rakennusprojektin hankesuunnitteluvaiheessa valitaan sisäilmalle sisäilmastoluokka, jonka tavoitearvot otetaan huomioon rakentamisen jokaisessa vaiheessa. Rakennuspölynhallinnan suunnittelu ja toteutus ovat merkittävässä asemassa näiden tavoitteiden saavuttamiseksi. (3, 2)

Sisäilmastoluokituksessa 2008 on teknisillä tavoitearvoilla esitetty sisäilman laatuun vaikuttavia tekijöitä kuten, lämpötila, ilman liikenopeus, hiilidioksidi- ja radonpitoisuudet. Lisäksi mukaan on otettu akustisen suunnittelun ja valaistuksen tavoitteet. Tavoitearvo-

jen valinta tehdään hankekohtaisesti ja soveltaen valitsemalla kaikki valitun luokan mukaiset arvot, valitsemalla eriluokista tarpeen mukaiset arvot tai asettamalla halutuille ominaisuuksille erikseen harkitut arvot. (3, 2; 5, 5)

Taulukko 1. Sisäilmastoluokat ja niiden kuvaus (5, 2)

<p><b><u>S1. Yksilöllinen sisäilmasto</u></b></p> <p>Tilan sisäilman laatu on erittäin hyvä eikä tilassa ole havaittavia hajuja.</p> <p>Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä.</p> <p>Lämpöolot ovat viihtyisät eikä vetoa tai yllilämpenemistä esiinny. Tilan käyttäjä pystyy yksilöllisesti hallitsemaan lämpöoloja.</p> <p>Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset erittäin hyvät ääniolosuhteet ja hyviä valaistusolosuhteita tukemassa yksilöllisesti säädettävä valaistus.</p> <p><b><u>S2. Hyvä sisäilmasto</u></b></p> <p>Tilan sisäilman laatu on hyvä eikä tiloissa ole häiritseviä hajuja.</p> <p>Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä.</p> <p>Lämpöolot ovat hyvät. Vetoa ei yleensä esiinny, mutta yllilämpeneminen on mahdollista kesäpäivinä.</p> <p>Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset hyvät ääni- ja valaistusolosuhteet.</p> <p><b><u>S3. Tyvdyttävä sisäilmasto</u></b></p> <p>Tilan sisäilman laatu ja lämpöolot sekä valaistus- ja ääniolosuhteet täyttävät rakentamismääräysten vähimmäisvaatimukset.</p> <p>Luokka S3 vastaa maankäyttö- ja rakennuslain sekä terveydensuojelulain 309/2006 vaatimuksia.</p> <p>Nykytietämyksen mukaan S3 tavoitearvojen toteutuessa ei terveille henkilöille aiheudu terveyshaittaa, jos ilmanvaihto toimii suunnitellulla tavalla eikä rakennuksessa ole erityisiä epäpuhtauslähteitä.</p>
---

Pelkkä teknisten tavoitearvojen täyttäminen ei riitä takaamaan tavoitteiden mukaista sisäilmastoa, vaan luokituksessa on lisäksi esitetty perusvaatimukset S1- ja S2-luokkien tiloille. Yksityiskohtaisempia ja myös rakennuspölynhallinnan kannalta oleellisempia ohjeita ovat P1-luokan rakennus- ja IV-työt. Ohjeistukseen kuuluvat myös M1-luokan materiaalit ja ilmanvaihtotuotteet sekä kosteudenhallinta suunnittelussa ja työmaalla. (3, 2)

### 3.2 Puhtausluokitus P

Rakennustöiden puhtausluokituksen tavoitteena on varmistaa, että rakennuksen tilat ovat puhtaat, ennen kuin ne luovutetaan käyttäjälle ja että rakennuksen käytön aikana ei sisäilmaan kulkeudu rakennusvaiheesta peräisin olevia epäpuhtauksia, eikä sisäilmaan yhteydessä oleviin tiloihin ole jäänyt merkittäviä pölykertymiä. (3, 5)

Rakennustöiden puhtausluokituksessa joka, on esitetty taulukossa 2, on kerrottu tavoitteet työ- ja asuintilojen sekä julkisten ja toimistorakennusten puhtaudelle. Vaatimusten taso ja

laajuus riippuvat sisäilmastoluokasta, johon pyritään. Mikäli sisäilmastoluokiksi on valittu S1 tai S2, suoritetaan rakennustyöt puhtausluokan P1 mukaisesti, mikä onkin sisäilmastoluokituksessa 2008 rakennustöiden puhtauden ainoa esitettävä vaatimustaso. (3, 5)

Puhtausluokitus P2 toteutuu tavanomaisissa toimisto- ja asuintiloissa, joissa sisäilmastoluokaksi on valittu S3. Rakennustöiden puhtaudelle ei aseteta erityisvaatimuksia. (4, 8)

## Taulukko 2. Puhtausluokitus P kuvaus (3)

### ***Luokka P1***

”Työ- ja asuintilat, joissa pyritään sisäilmastoluokan S1 tai S2 mukaiseen hyvään sisäilmanlaatuun.

Rakennuksen tulee olla puhdas, ennen kuin ilmanvaihdon päätelaitteiden suojaukset voidaan poistaa ja toimintakokeet aloittaa. Tällöin pinnoilla ei saa olla hienojakoista irtolikaa (esim. puu-, betoni- tai kipsipölyä), joka voi nousta ilmaan kosketuksen tai ilmavirtojen mukana. Tiloissa ei saa säilyttää rakennusmateriaaleja tai jätteitä, jotka estävät pintojen puhdistamista. Pintoja suojaavat muovit ja pahvit ovat poistettu. Tämän vaiheen jälkeen tiloissa voidaan ilman erityistoimia tehdä vain pölyämättömiä töitä, esim. paikkamaalauksia, alakattojen asennusta, ilmanvaihdon toimintakokeita, säätöä ja viritystä sekä loppusii-  
vitys.

Luovutusvaiheessa pinnoilla ei saa olla näkyvää likaa, kuten roskia, irtolikaa, mukaan lukien pölyä, kiinnittynyttä likaa tai tahroja.”

Ennen toimintakokeita ja luovutusta tilojen puhtaus arvioidaan silmämääräisesti. Pinnoilla oleva pölykertymä mitataan INSTA 800 -standardin geeliteippimenetelmällä käyttäen suomalaisessa tutkimuksessa kehitettyjä viitearvoja. (3, 6)

Puhtausluokan P1 sallitut pölykertymät ennen ilmanvaihdon toimintakokeita alakaton yläpuolella, pinnoilla yli 180 cm:n korkeudella ja pinnoilla alle 180 cm (ei lattian pinnat) on 5 %. Ennen rakennuksen luovutusta pinnoilla yli ja alle 180 cm sallittu pölykertymä on 1 % ja lattiapinnoilla 3 %. (6, 15)

## 3.3 Ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokitus (P)

Ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokituksen tavoitteena on varmistaa järjestelmän läpi virtaavan tuloilman hyvä laatu. Tämä edellyttää, ettei tuloilmassa esiinny ilmanvaihtojärjestelmästä peräisin olevia terveydelle ja viihtyisyydelle haitallisia aineita, kuten rakennuspölyä. Ilmanvaihtojärjestelmässä esiintyvät pölyhaitat ovat usein seurausta rakennusaikaisen pölyn kertymisestä ilmanvaihtoon, josta sitä rakennuksen käyttöönoton jälkeen järjestelmän ollessa toiminnassa voi joutua huoneilmaan. (7, 28; 8, 2)

Ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokitus on kaksitasoinen. Suunnitteluvaiheessa valitaan puhtausluokaksi joko vaativampi P1 tai sisäilmastoluokan ollessa S3 voidaan ilmanvaiht-

tojärjestelmän puhtausluokitukseksi valita P2. (7, 28)

Jos rakennuksen sisäilmastoluokaksi on valittu S1, tulee ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokka olla P1 ja suodatusluokka F8. S2-sisäilmastoluokka edellyttää myös ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokkaa P1, mutta suodatusluokka voi olla F7. Ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokituksessa P2 suodatusluokka voi olla F6. Kuitenkin tavallisesta poikkeavien ja kuormitukseltaan runsaampien hiukkaslähteiden, kuten vilkkaiden liikenneväylien läheisyydessä, tulee S1- ja S2-luokissa rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän tuulilman suodatusluokka valita yhtä luokkaa tehokkaampana. (7, 28)

Ilmanvaihtolaitteiden puhtauden määrittäminen tapahtuu keskimääräisen pölykertymän mukaan. Puhtausluokassa P1 pölykertymä on alle  $0,7 \text{ mg/m}^2$  ja puhtausluokassa P2 alle  $2,5 \text{ mg/m}^2$ . (7, 28)

Ilmanvaihtosuodattimien luokitus on kaksijakoinen. Kaikki luokitellut suodattimet kuuluvat M1-puhtausluokkaan, mutta tämän lisäksi ne on jaoteltu eri luokkiin hiukkaserotusasteen perusteella. F5/F6-siitepölysuodatin erottaa vähintään 20 %:a yli  $1,0 \mu\text{m}$ :n hiukkasisistä. F7 kaupunkipölysuodatin on hienosuodatin, joka erottaa vähintään 80 % yli  $\mu\text{m}$ :n hiukkasisistä ja vähintään 50 % yli  $0,4 \mu\text{m}$ :n hiukkasisistä. Pienhiukkassuodattimet F8 sekä F9 ovat hienosuodattimia, jotka erottavat vähintään 90 % yli  $1 \mu\text{m}$ :n hiukkasisistä ja vähintään 70 % yli  $0,4 \mu\text{m}$ :n hiukkasisistä. (7)

#### 4 RAKENNUSPÖLY

Rakentamisessa syntyy pölyä purkutyön tuloksena sekä itse rakentamisessa. Pölyn koostumus vaihtelee rakennushankkeen eri vaiheissa. Rakentamisen sisätyövaiheessa betoni-, tasoite-, kivi-, tiili-, puu- ja eristysvillapölyn määrä on suuri. Rakennuspölyä jää rakennukseen myös sen valmistumisen jälkeen. (9, 51)

Purkutyössä, jossa rakenteiden purkaminen perustuu pääasiallisesti mekaaniseen rikkomiseen, seurauksena on materiaaleista irtoavia haitta- ja vaara-asteeltaan erilaisia pölypartikkeleita. Purkutyö voidaan jakaa tavanomaiseen, kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden sekä terveydelle haitallisia ja vaarallisia aineita sisältävien rakenteiden purkutyöhön. (10)

Runsaasti pölyäviä työvaiheita ovat muun muassa piikkaus, poraus, betoni- ja tasoitepin-tojen hionta sekä lattiapinnoitteen karhentaminen hiomalla. Puuntyöstö sirkkelillä, ruis-

kumaalaus ja laatoitustyö aiheuttavat myös pölyä sisäilmaan. (9, 52)

#### 4.1 Betonipöly

Rakennuspöly koostuu pääosin kvartsipölyä sisältävästä betonipölystä, jota esiintyy yleisesti rakennustyömaalla. Betonipölylle altistuminen on erittäin voimakasta purkuvaiheessa, jos työtapoina on piikkaus, sahaus tai murskaaminen lekalla. (11)

Uudisrakennusten pahimmat pölyongelmat ovat hionta- ja tasoitetyöt, piikkaus sekä rakennussiivoustyö. Vaikka hionnat tehdään paikallispoistoilla varustetuilla koneilla, pöly- ja kvartsipitoisuudet ylittävät kuitenkin usein ohjearvot. Myös betonipölyn siivoustyöt ovat hyvin pölylle altistavia työvaiheita. (11)

Korjausrakentamisessa betonille ja betonipölylle eniten altistava työvaihe on purkutyö. Pölyaltistumista tapahtuu kuitenkin kaikissa rakennustyövaiheissa, esimerkkinä mainittakoon: laikkaleikkaus, elementti- ja levyasennukset, levysaumojen sekä lattioiden, kattojen ja seinien tasoite- ja hiontatyöt. (11)

Talonrakennuksen purkutöissä, joihin sisältyvät betonirakenteiden purku- ja piikkaustyöt sekä rakennussiivous, ovat pölymäärät mittausten mukaan olleet hyvin suuria, ohjearvoihin verrattuna jopa 10-kertaisia. Keskimäärin pölypitoisuudet ovat olleet noin  $80 \text{ mg/m}^3$  ja kvartsipitoisuudet noin  $3 \text{ mg/m}^3$ . Hyvin toimivia kohdepoistoja käytettäessä voidaan päästä hiontatyössä alla ohjearvojen oleviin pöly- ja kvartsipitoisuuksiin. (11)

Betonipöly ärsyttää hengitysteitä ja ihoa emäksisyytensä takia (pH 10–12). Sementin kromipitoisuutta on pienennetty, mikä on vähentänyt kromiallergian vaaraa sementtiä käsiteltäessä. Sementissä on kuitenkin edelleen kobolttia ja nikkeliä, jotka saattavat aiheuttaa allergista ihottumaa. Sementin lisäaineissa on ihoa ärsyttäviä aineita, mutta tutkimusten mukaan ne eivät lisää merkittävästi betonipölyn tavanomaisia terveyshaittoja. (11)

#### 4.2 Kivi- ja tiilipöly

Kivi- ja tiilipölyä esiintyy rakennustyömaalla sekä saneerauskohteissa että uudisrakentamisessa. Pölyn haitallisuuteen vaikuttaa sen kvartsipitoisuus, joka tulisikin ottaa huomioon suurien pölyä muodostavien työkokonaisuuksien suunnittelussa. Tiili-, betoni- ynnä muut kiviainepitoiset rakennuspölyt sisältävät 4–10 % kvartsia, joka pitkäkestoisessa altistuksessa on terveydelle haitallinen aine. (11)

Kivi- ja tiilipölyä syntyy rakenteiden purkuvaiheessa, erityisesti jos purkutyö suoritetaan piikkaamalla, lekalla tai sahalla. Talonrakennuksen purkutöissä mitatut pölypitoisuudet ovat olleet noin 10-kertaisia ohjearvoihin verrattuna. Keskimääräinen pölypitoisuus oli 80 mg/m<sup>3</sup> ja kvartsipitoisuudet noin 3 mg/m<sup>3</sup>. Muuraustyössä pölypitoisuudet olivat HTP-arvon tasolla, noin 10 mg/m<sup>3</sup>, ja kvartsipitoisuuksissa päästiin alle puoleen HTP-arvosta. (11)

Kvartsipöly voi aiheuttaa pitkäkestoisessa voimakkaassa altistuksessa pölykeuhkosairauden, silikoosin ja pöly on myös syöpää aiheuttava altiste. Altistus kvartsipölylle ja/tai siliikoosi voi johtaa keuhkosityöpään ja munuaissairauteen, se voi olla myös laukaisevana tekijänä eräissä reumaattisissa sairauksissa. Kvartsipölyaltistumista ei kuitenkaan toistaiseksi Suomessa rekisteröidä ASA-rekisteriin (ammatissa syöpäsairauden vaaraa aiheuttavien tekijöiden rekisteri). (11)

#### 4.3 Mikrobit

Purettaessa vanhoja rakenteita voi rakennustyömaan ilmaan vapautua mikrobeja. Mikrobin esiintymisen todennäköisyys kasvaa, jos purettava rakenne on kosteusvaurioitunut. Näissä kohteissa purkualue tulisikin eristää muista tiloista esimerkiksi muoviseinällä. (11)

Työterveyslaitoksen ilmoittaman tutkimuksen mukaan yli puolessa suomalaisista rakennuksista eli noin 700 000:ssa arvioidaan olevan kosteusvaurion jälkiä, ja näistä yli 100 000 rakennuksessa hoitamaton kosteusvaurio on homehduttanut rakenteita. (11)

Rakennusmateriaalien ominaisuudet ja ympäristön kosteus vaikuttavat kosteusvaurion syntymiseen. Vapaa vesi ja riittävä ravinto ovat mikrobin lisääntymisen edellytys. Myös lämpöolosuhteilla on vaikutusta mikrobikasvustoon. (11)

Mikrobit ovat paljaalla silmällä näkymättömiä eliöitä, kuten bakteereja, sieniä tai viruksia. Elinympäristössämme niitä on kaikkialla. Niitä esiintyy siis muuallakin kuin vain kosteusvauriokohteissa. Tietyt mikrobit vaativat kuitenkin tietyntaiset elinolosuhteet menestyäkseen (ravintoa, kosteuden ja lämpötilan). Tämän kaltaisten niin sanottujen kosteusvauriomikrobien esiintyminen sisäilmassa ja rakennusmateriaaleissa on merkki rakenteiden kostumisesta. (11)

Homesienet ovat yleisimpiä kostuneen rakenteen mikrobeja. Ilman suhteellisen kosteuden ollessa noin 70–100 % ja lämpötilan 20–25 °C homesienten kasvu on suurimmillaan. Alle

70 %:n kosteudessa useimmat homelajit ovat lepotilassa. Myös pakkanen estää kasvuston kehitystä, muttei tuhoa sitä. Kosteusvaurioituneessa rakenteessa voi kasvaa myös sädesientä, joka on bakteeri. (11)

Työturvallisuuslain (738/2002) ja valtioneuvoston päätöksen (629/94) mukaisesti rakenteiden mikrobivaurioiden tutkiminen ja korjaustyön suunnittelun valvonta kuluu rakennuttajalle. Ennen korjaustyöhön ryhtymistä rakennuskohteessa tehdään rakennustyön turvallisuusasiakirjaan liitettävä kosteus- ja mikrobivaurioselvitys. (11)

Kosteus- ja mikrobivaurioselvitykseen kuuluu:

- aistinvaraiset havainnot kosteus- ja homevaurioista
- pintojen kosteuksien ja kosteuserojen mittaukset
- kosteus- ja lämpötilamittaukset rakenteiden sisältä
- ilmanvaihtoon liittyvät havainnot ja mittaukset
- rakennuksen käyttäjien oireilun kirjaaminen
- rakentamisajankohtana käytetyn rakentamistavan selvitys
- rakenteiden vaurio- ja korjaushistorian selvitys
- muut rakennustekniset selvitykset mahdollisista kosteusvaurioiden aiheuttajista.

Ensimmäisiä työvaiheita altistumisen arvioinnissa ovat kosteusvauriokatselmus ja materiaalien homeääritykset. Jos vaurio on laaja ja mikrobien pääsy sisäilmaan ilmeinen, ilman mikrobimääritykset eivät ole tarpeellisia. (11)

Määriteltäessä kosteusvaurion suuruutta ja vaaraa tulee arvioida muun muassa homeesta peräisin olevien epäpuhtauksien pääsy sisäilmaan, mahdolliset mittaustulokset, vaurion laajuus, ilmavirtaukset ja altistuvat henkilöt. Mikäli kosteusvauriorakenteessa on todettu *Stachybotrus*-kasvua, tulee purkukohde suojata osastoinnilla ja purkaa kaikki saastuneet rakenteet. Purkutyömenetelmän valinnassa huomioidaan vaurion laatu ja laajuus. (11)

Homepölyn esiintymiseen sisäilmassa yhdistetään silmien ja hengitysteiden ärsytysoirei-



siin, huonovointisuuteen, pahoinvointiin ja päänsärkyyn, allergisiin sairauksiin ja toistuviin hengitysteiden infektioihin. Vakavin homeitiöiden aiheuttama tauti on alveoliitti, joka voi johtaa pysyviin keuhkovaurioihin. (11)

#### 4.4 PCB-pöly

Suomessa PCB:tä (polyklooratut bifenyylit) on käytetty elementtirakenteiden saumoissa 1950–70-luvuilla. Massoissa oli myös lyijyä. Tällaisten rakenteiden vanhojen saumojen poistossa ja betonipintoja hiottaessa uudelleensaumausta varten vapautuu ympäröivään ilmaan PCB:tä ja lyijyä sisältävää pölyä. Saumajäte on ongelmajätettä. (11)

Korjausrakentamisessa uusintasaumauksessa suurin osa vanhasta saumausmassasta poistetaan poralla, ja elementtien reunat puhdistetaan massajäämistä hiomalla. Hionta onkin haitallisin työvaihe, vaikka käytössä olisikin mahdollisimman tehokkaat kohdepoistolaitteet ja imurit. Ympäristöön pääsee hionnan aikana runsaasti betonia ja saumausmassaa sisältävää pölyä. Suorahiomakone synnyttää pölyä kuitenkin kulmahiomakonetta selvästi vähemmän. (11)

Ennen saneeraustyön aloitusta tulee selvittää PCB- ja lyijypitoisuus rakennuksista, jotka on rakennettu tai korjattu ennen vuotta 1979. Rakennuksista, jotka on rakennettu tai korjattu vuosina 1980–1989, riittää pelkän lyijypitoisuuden selvittäminen. (11)

Mikäli saumamassan PCB-pitoisuus on yli 50 mg/kg ja lyijypitoisuus yli 1 500 mg/kg, on saumajäte ongelmajätettä ja purkutyö tulee suunnitella ja toteuttaa niin, että pölyn leviäminen estyy. (11)

PCB-yhdisteet ovat ympäristömyrkkyjä, joiden pitkäaikaisvaikutuksista merkittävin on lisääntynyt syöpäriski. PCB-yhdisteet kuuluvat Suomessa syöpävaarallisten aineiden luetteloon (ASA-luettelo). (11)

#### 4.5 Puupöly

Rakennustyömailla Suomessa käytetään pääsääntöisesti kotimaisia havupuulajeja, kuusta ja mäntyä, sekä lehtipuista koivua. Puulevyissä ja parketeissa käytetään myös erilaisia kovapuulaatuja, kuten tammea ja pyökkiä sekä eksoottisia puulaatuja. Puuntyöstössä melkein poikkeuksetta vapautuu ilmaan pölyn lisäksi myös jonkin verran muita epäpuhtauksia. Näitä ovat muun muassa tanniinit ja erilaiset hartsihapot. (11)

Sahauksessa muodostunut pöly on koostumukseltaan hienoa hiontapölyä karkeampaa. Työvaiheet, joissa puupölyä syntyy, ovat muun muassa hirsirakennusten teko, muottilaudoitukset, telineiden rakentaminen, sisäpaneloinnit, kalusteiden asennustyö, parketti- ja laualattiatyöt, puisten rakennusosien asennus ja viimeistely sekä listoitukset. (11)

Puupohjaisten tuotteiden kuten MDF- ja HDF-levyjen valmistuksessa on käytetty pyökkiä. Kovapuulajeista syntyvät pölyt on EU:ssa luokiteltu syöpävaarallisiksi. Lämpökäsittelyn puun käyttö on myös lisääntynyt. Lämpökäsittely haurastuttaa puuta ja lisää hienojakoisen pölyn määrää, joka leviää helposti ympäröivään tilaan. Hienojakoinen, kevyt pöly jää myös leijailemaan työtilan ilmaan ja siten lisää altistumista. (11)

Kotimaisista puulaaduista peräisin olevat puupölyt aiheuttavat hengitysteiden ärsytystä. Etenkin hionnassa muodostuva hienopuupöly voi kulkeutua alahengitysteihin asti. Lämpökäsittelyn puun työstöpöly lukeutuu myös hengitysteitä ärsyttäväksi. Pölyhiukkaset ovat pitkänomaisia, sälemäisiä ja niiden rosoisuus voi hidastaa puupölyhiukkasten poistumista hengitysteistä. (11)

#### 4.6 Laasti- ja tasoitepöly

Laastit ja tasoitteet ovat emäksisiä. Laastituotteiden pH voi olla 12–13 ja joidenkin tasoitteiden pH 9–11. Tästä johtuen niiden pöly on voimakkaasti hengitysteitä, ihoa ja silmiä ärsyttävää, jopa syövyttävää. Erityisen voimakkaasti ärsyttäviä ovat kaikki kalkki- ja sementtilaastit. (11)

Hionta- sekä tasoitetyöt ovat uudisrakentamisen pahimpia pölylähteitä. Pölyhaitta on pahin laastin sekoituksessa ja siivouksessa. Laastit sekoitetaan työkohteessa tai ne voidaan toimittaa valmiiksi sekoitettuna suoraan tehtaalta. (11)

#### 4.7 Asbesti

Suomessa asbestin käyttö uudisrakentamisessa loppui vuonna 1987. Lähes kaikissa vielä nykyisin peruskorjattavissa rakennuksissa esiintyy asbestia. (11)

Yleisimpiä asbestimateriaaleja ovat:

- lämmöneristemassat: putkieristeet, kattilat, varaajat
- ruiskutetut eristeet: akustiset katot, ilmanvaihtokanavat, paloalueiden rajat

- asbestisementtituotteet: seinä- ja kattolevyt, tuulensuojalevyt, vesi- ja viemäriputket, ilmanvaihtokanavat
- lattiamateriaalit: vinyylasbestilaatat, joustovinyylimatot, magnesiassa-lattiat
- bitumituotteet: liimat, huopakatteet, vedeneristysaineet, bitumimaalit
- muut tuotteet: tasoitteet, julkisivumaalit, laattojen kiinnityslaastit, asbestipahvi

Asbesti on yleisnimitys useille silikaattimineraaleille. Asbestilajeja ovat antofylliitti, amosiitti, krokidoliitti, krysotiili ja tremoliitti. Asbestia esiintyy puhtaana asbestina tai muihin aineisiin sekoitettuna ja sidottuna. (11)

Jos korjausrakennuskohteessa tiedetään tai epäillään olevan asbestia, on ennen töiden aloitusta suoritettava asbestikartoitus. Kartoituksessa selvitetään rakenteissa olevan asbestin ja sitä sisältävien materiaalien pölyävyys käsiteltäessä tai purettaessa. Ruiskutettu asbesti ja asbestipitoiset lämmöneristemassat ovat erityisen pölyäviä ja siksi purettaessa haitallisia. Huomattavasti vähemmän pölyäviä ovat vinyylasbestilaatat, bitumituotteet ja asbestisementti. (11)

Rakenteen purkuvaiheessa voidaan kuitenkin törmätä kartoittamattomaan, rakenteissa piilossa olevaan asbestiin. Pölynhallintasuunnitelmassa on vastaavan työnjohdon hyvä osata varautua tämänkaltaisiin tilanteisiin ja muuttaa tarvittaessa normaali rakennuspurku asbestityöksi. Huomioitavaa on, että asbestityö on luvanvaraista ja sitä voi suorittaa vain siihen pätevätyt henkilö. (11)

Asbestikuidut ovat ohuita, noin 0,05–3 µm:n paksuisia kuituja ja terveydelle vaarallisia. Asbestipölylle altistuminen aiheuttaa asbestoosia, keuhkosityöpää ja keuhkopussin mesoteliomaa sekä eräitä muita sairauksia ja keuhkomuutoksia. (11)

Kun asbestia sisältäviä rakennusmateriaaleja ja rakenteita puretaan, muodostuvassa pölyssä on runsaasti asbestikuituja, putkieristeiden purussa esimerkiksi sallittu pitoisuus ylittyy monikymmenkertaisesti. (11)

Työpaikan ilman asbestipitoisuuden tulee olla mahdollisimman vähäinen. Kahden tunnin vertailuajalle arvon tulee olla mitattuna ja laskettuna pienempi kuin 0,1 kuitua/cm<sup>3</sup>. Työn-

tekijän hengitysilman asbestipölypitoisuus ei saa tätä raja-arvoa ylittää. (11)

#### 4.8 Eristevillat

Lämmön- ja ääneneristeenä käytettävät teolliset mineraalikuidut eli epäorgaaniset teko-kuidut ovat synteettisiä mineraaliperäisiä aineita, joiden teollinen käyttö perustuu niiden kuitumaiseen rakenteeseen. Tuotteista käytetään lyhenteitä MMMF (man made mineral fibers) tai MMVF (man made vitrous fibers). (11)

Eristevillojen kuidut ovat epäsäännöllisen muotoisia ja kokoisia. Mineraalivillat jaetaan raaka-aineen mukaan lasi- ja kivivillan. Kivivilla valmistetaan pääasiassa emäksisistä kivilajeista. Lasivillan valmistusaineina ovat kvartsihiekkä, sooda ja kalkkikivi, nykyisin myös kierrätyslasi. Villatuotteet myydään levyinä, mattoina ja kouruina tai puhallusvillana. Äänieristystuotteet ovat eristevillaisia akustiikkalevyjä ja ääniloukkuja. (11)

Selluvilla on puukuitupohjainen tuote. Kierrätyspuukuitua on 80 % ja haihtumattomia boorimineraaleja 20 %. Boorimineraalit toimivat eristeessä lahon- ja palonsuojana. (11)

Eristevillakuidut aiheuttavat ihon, silmien ja hengitysteiden ärsytystä, ja ne saattavat altistaa ylähengitysteiden tulehduksille. Eristeiden asennuksessa sekä purussa voidaan altistua pölylle ja kuiduille. Villojen asennuksen aikaiset pöly- ja kuitupitoisuudet ovat kuitenkin yleensä selvästi alle ohjearvojen, mutta pöly voi aiheuttaa ylempien hengitysteiden ärsytystä. (11)

Kuitupitoisuudet akustiikkalevyjen, seinäeristeiden ja putkieristeiden asennuksessa ovat keskimäärin työterveyslaitoksen ilmoituksen mukaan 0,2 kuitua/cm<sup>3</sup> (ruotsalainen ohjearvo on 1 kuitu/cm<sup>3</sup>) ja kokonaispölypitoisuudet noin 2 mg/m<sup>3</sup> ohjearvon ollessa 10 mg/m<sup>3</sup>. (11)

Kuitupitoisuudet puhallusvillan asennuksessa ovat korkeampia, keskimäärin 0,8–2 kuitua mg/cm<sup>3</sup>. Pölypitoisuudet puhallusvillatyössä ovat noin 1–4 mg/m<sup>3</sup> lasi- ja vuorivillalla (ohjearvo 10 mg/m<sup>3</sup>) ja yli 10 mg/m<sup>3</sup> selluvillalla (ohjearvo 5 mg/m<sup>3</sup>). (11)

#### 5 RAKENNUSPÖLYNHALLINNAN MENETELMIÄ

Korjausrakentamisen työvaiheista eniten pölyä syntyy rakenteita purettaessa. Lisäksi pölyä syntyy betonin työstämisestä, porauksista, materiaalien sahauksista ja siirroista. Rakennuspölynhallinta menetelmiä ovat työnsuunnittelu, työmenetelmät, purkusuunnitelmat,

suojaustoimenpiteet sekä siihen liittyen osastointi ja rakennusaikainen siivous, työmaalla suoritettavat tutkimukset ja mittaukset sekä työmaan pölynhallinnasta tiedottaminen ja hankekohtainen koulutus.

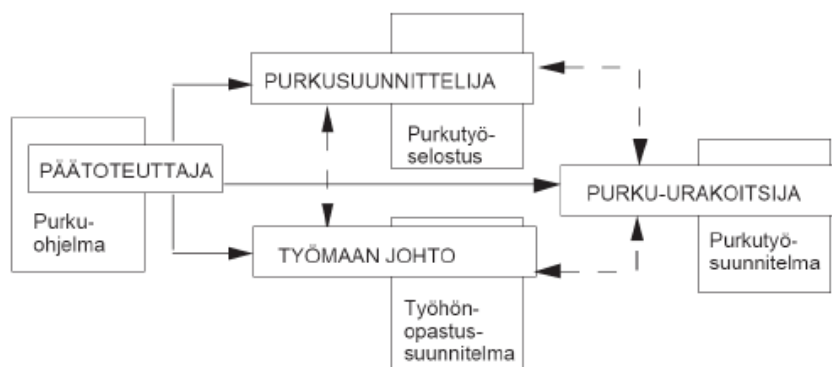
Rakennuspölynhallinnan suunnittelu alkaa jo ennen itse rakentamisvaiheen aloitusta, jotta pölynhallintaan tarvittavat resurssit ovat tiedossa ja esimerkiksi suojaustoimenpiteisiin tarvittavat materiaalit työmaalla.

## 5.1 Purkusuunnitelma

Työn suunnittelun tavoite rakennuspölynhallinnan näkökulmasta katsottuna on vähentää rakennustyöstä aiheutuvan pölyn määrää ja sen leviämistä ympäristöön. Työsuunnittelu pitää sisällään aikataulutuksen, tarvittavat työntekijäresurssit ja laitteet sekä käytettävien työmenetelmien valinnan. Purkusuunnitelma on osa työsuunnittelua. (12)

Purkutöiden suunnittelun tavoitteena on suunnitella ja toteuttaa purkutyö mahdollisimman tehokkaasti, taloudellisesti sekä työturvallisuus- että ympäristövaatimukset täyttäen. Purkutyön hyvän ennakkosuunnitelman avulla kyetään tekemään oikeat menetelmä- ja kalustovalinnat sekä varmistetaan resurssien tehokas käyttö. Suunnittelulla varaudutaan mahdollisiin häiriöihin ja työkatkoksiin riittävän ajoissa sekä löydetään niihin työmaan kanalta tehokkaat ratkaisut. Tehokkaan suunnittelun avulla voidaan lisätä työmaan työturvallisuutta. (12)

Purkusuunnitelma on päätoteuttajan laatima asiakirja. Kaaviossa 1 on esitetty purkutyön eri osapuolet. Purkusuunnitelman avulla määritellä muun muassa, tarvitaanko johonkin purkutyön osa-alueeseen tarkennusta. Rakenne ja /tai purkusuunnittelija on velvollinen avustamaan suunnitelman teossa ja tarkastamaan sen ennen töiden toteutusta. (12)



Kaavio 1. Purkutyön eri osapuolten välistä yhteistyötä sekä osapuolten tehtäviä (12)

Pääurakoitsijan velvollisuuksiin kuuluu rakennuspölynhallintaan liittyen huolehtia työturvallisuudesta sekä siihen liittyvästä tiedottamisesta, perehdyttää työntekijät valittuihin työmenetelmiin, velvoittaa purku-urakoitsijaa laatimaan kirjallisen purkutyösuunnitelman sekä tehdä tarvittavat viranomaisilmoitukset ja hakea purkutyölle tarvittavat luvat. (12)

Purkutyön suorittava urakoitsija laatii purkutyösuunnitelman, jossa rakennuspölynhallinta on otettu huomioon. Urakoitsija toimii laadittujen suunnitelmien mukaisesti ja perehdyttää omat työntekijänsä työhön sekä tekee pölyilmoituksen mahdollisesta terveyttä vaarantavasta työstä työsuojelupiiriin. (12)

Työmaajohto suunnittelee työmaan toiminnan ja luo edellytykset suunnitelmien mukaiselle työlle. Johto laatii purkus suunnitelman omana työnä tehtävästä purkutyöstä, opastaa omat työntekijät purkutyöhön ja osallistuu purku-urakoitsijan työntekijöiden opastukseen sekä valvoo töiden edistymistä suunnitelmien ja turvallisuusmääräysten mukaan. (12)

Työntekijät toimivat annettujen ohjeiden mukaisesti, käyttävät henkilökohtaisia suojavälineitä ja ilmoittavat purku-urakoitsijalle tai päätoteuttajalle sellaisista virheistä, joita eivät voi itse korjata. (12)

## 5.2 Työmenetelmät

Rakennustyö tulee suorittaa, mikäli mahdollista, sellaisin työmenetelmin, joista aiheutuu pienin mahdollinen pölyhaitta ympäristölle, rakennustyötä suorittaville ja samoissa tiloissa oleskeleville henkilöille.

Suositteluvia purkutyömenetelmiä betoni-, kivi- ja tiilirakenteiden purkutyössä ovat timanttileikkaus ja murtaminen. Uudisrakentamisessa tiilien ja kivilaattojen katkaisu ja leikkaus tulisi tehdä vähän pölyä synnyttävillä katkaisulaitteilla. (11)

PCB-pitoisten julkisivusaumamassojen poistossa tulee käyttää ensisijaisesti porakonetta tai leikkaavia työkaluja, kuten puukkoa. Kulmahiomakoneella leikatessa ja hiottaessa käytetään työkoneita joissa on kohdepoisto ja työkoneita liitettynä mikrosuodattimella varustettuun imuriin. Imurin imutehon tulee olla 300 W, imuilmamäärän 500–1 500 m<sup>3</sup>/h, virtausnopeuden 20–50 m/s ja jätesäiliön pölynvarauskyvyn noin 50 kg. (11)

Lämmöneristeiden purku tuottaa aina suuren määrän pölyä. Eristetuotteiden pölyämistä

voidaan vähentää käyttämällä sopivan mittaisia, päällystettyjä tuotteita. Villan leikkaus tehdään terävällä veitsellä leikaten. Jos leikkaukseen käytetään konetta, tulee koneeseen liittää kohdepoisto. Villatuotteita käsitellään rauhallisesti ja mikäli mahdollista, ulkotiloissa. Mineraalivillakuitujen esiintyminen valmiin kohteen sisäilmassa voidaan estää käyttämällä akustiikkalevyinä ja ilmanvaihtokanavissa kokonaan pinnoitettuja tuotteita. Akustiikkalevyjen asennuksessa tehtävät leikkauspinnat maalataan. (11)

Rakennusmateriaalien katkaisu tulisi aina, jos mahdollista, suorittaa leikkaavalla työmenetelmällä. Esimerkiksi IV-kanavien, listojen ja lattialaminaattien katkaisuun on saatavilla tämänkaltaisia työvälineitä. Pölyn muodostusta voidaan pienentää myös käyttämällä katkaisusahoissa ohuinta mahdollista terää.

Puun ja levyjen sahauksessa sekä työstössä sahat, katkaisulaikat, hiomakoneet ja muut työkalut tulee varustaa kohdepoistolla. Erityistä huomiota tähän on kiinnitettävä varsinkin silloin, kun sahataan tai työstetään kovapuulajeja. (11)

Kun käytetään työmenetelmänä piikkausta, jysintää tai hiontaa, työstökoneisiin liitettävät korkeapaineiset kohdepoistomurit ovat myös tehokkaita työvälineitä pölyn hallittuun poistamiseen ja talteenottoon. Imurien tulee olla varustettuja esierottimella ja mikro-suodattimella. Työkohteen osastointi suojaseinillä ja eristäminen muusta työympäristöstä sekä rakenteen kostutus vedellä tai pölynsidonta-aineella pienentävät kontrolloimattoman pölyn määrää. (13)

### 5.3 Pölynpoistolaitteet

Pölynpoistolaitteisiin kuuluvat alipaineistajat, ilmanpuhdistimet, imurit sekä matala- ja korkeapaineiset kohdepoistolaitteet. Alipaineistettujen työtilojen ilmanpuhdistajia käytetään puhdistamaan ja poistamaan ilmaa osastoidusta tilasta. Ilmanpuhdistajat ja imurit muodostavat alipaineen työtilaan ja estävät ilmaan vapautuvaa pölyä kulkeutumasta eristetyn tilan ulkopuolelle. Rakennusaikaisessa yleispölynpoistossa alipaineistettavan tilan muodostaa yleensä rakennuksen luonnollinen osa esimerkiksi kerros tai huone. Pölyävissä työvaiheissa alipaineistuksella ei kuitenkaan korvata henkilökohtaisten hengityssuojainten käyttöä. (12, 8)

Kohdepoistolaitteilla pölyalistumista ja pölypitoisuuksia pystytään vähentämään merkittävästi. Esimerkiksi betonin hionnassa pölypitoisuudet työtilassa saadaan poistettua lähes

täysin. Myös seinä- sekä lattiatasoitteiden hionnassa pitoisuudet ovat alhaiset, edellyttäen että laitteet ovat täysin toimintakuntoisia. (14)

### 5.3.1 Matalapaineinen kohdepoisto

Matalapaineinen kohdepoistomenetelmä on purkutöissä käytettävien osastointi- ja alipaineistusmenetelmien kaltainen pölyn leviämistä estävä ilmanpuhdistusmenetelmä. Pölyn leviäminen työkohteen ulkopuolelle estetään sijoittamalla pölylähteen läheisyyteen pölynkerääjällä ja vähintään hienosuodattimella varustettu tehokas ilmanpuhdistaja. (16)

Matalapaineisessa kohdepoistossa imuilmamäärät ovat suuria, laitteesta riippuen 400–6 000 m<sup>3</sup>/h. Toimintaperiaate on vaihtaa koko osastoidun tilan ilma ja korvata se uudella puhtaalla korvausilmalla. Muodostuva alipaine on pieni, 1–5 kPa. Virtausnopeudet ovat pienempiä kuin korkeapaineisessa kohdepoistossa. Ilmanpuhdistuslaitteiston tulee olla varustettu HEPA-suodattimella ja karkeasuodattimella varustetulla pölynkerääjällä. Osastoidun tilan ilmatilavuus määrittää käytettävien ilmanpuhdistuskoneiden ominaisuudet.

Muita määräviä tekijöitä ovat:

- erotusaste
- toimintavarmuus
- kestävyys
- helppo liikuteltavuus
- alhainen käyttöääni
- eri suodatinvaihtoehtojen käyttömahdollisuus
- CE-merkintä.

Suodatinvaihtoehdot mahdollistavat saman ilmanpuhdistuskoneen käytön asbesti-, kvartsi-, home-, sementti- ja puupölyn poistamiseen. (13)

### 5.3.2 Alipaineistus

Alipaineistus on järjestelyiltään ja laitteistoiltaan matalapaineista kohdepoistoa tehokkaampi ja vaativampi pölynpoisto- ja ilmanpuhdistusmenetelmä. Alipaineistuksen tarkoi-



tuksena on estää pölyn leviäminen tilan ulkopuolelle. Alipaineistettava tila erotetaan muista rakennuksen tiloista sulkemalla ovet ja ikkunat ja tarvittaessa rakentamalla tilaa rajaavia suojaseiniä. (16)

Tilasta poistetaan jatkuvasti ilmaa tehokkailla alipaineistuslaitteilla tai ilmanpuhdistimilla, jolloin tilaan muodostuu alipaine. Korvausilma johdetaan hallitusti tilaan puhtaiden tilojen kautta, jolloin ilma työskentelytilassa vaihtuu ja osin puhdistuu. (16)

### 5.3.3 Korkeapaineinen kohdepoisto

Korkeapaineisessa kohdepoistossa imuilmamäärät ovat pieniä, 500–1 500 m<sup>3</sup>/h. Toimintaperiaate on poistaa osastoidun tilan ilmasta työskentelypisteessä syntyvä pöly ennen sen leviämistä. Työstökoneissa, joissa korkeapaineista kohdepoistoa käytetään, on oltava liitosmahdollisuus pölynpoistoputkea varten. Järjestelmään on mahdollista liittää imusuoja, joka on yksi kohdepoistojärjestelmän tärkeimmistä osista. Imusuojan tulee olla kevyt ja hyvin muotoiltu, jotta se sieppaa syntyvän pölyn ennen sen leviämistä ilmaan. Imusuoja on saatavilla eri työkoneille, muun muassa timanttikuppilaikalle, katkaisulaikalle, kuppi-kivelle sekä poraus-, piikkaus- ja talttakoneille. (13)

Muodostuva alipaine on korkeapaineisessa kohdepoistossa suuri, 10–35 kPa ja virtausnopeudet suuria, 20–50 m/s. Imurin tulee olla varustettu esierottimella ja HEPA-suodattimella. Pölynvarauskykyä imurin jätesäiliössä tulee olla vähintään 50 kg. Laitteen imutehon tulee olla vähintään 300 W. Suoritetun työvaiheen pölyn tuottomäärä kohdepoistossa määrittää käytettävien imurien tekniset ominaisuudet. Lisäksi määrääviä tekijöitä ovat laitteiden:

- erotusaste
- toimintavarmuus
- kestävyys
- helppo liikuteltavuus
- alhainen käyttöääni
- eri suodatinvaihtoehtojen käyttömahdollisuus

- CE-merkintä.

Suodatinvaihtoehdot mahdollistavat saman ilmanpuhdistuskoneen käytön asbesti-, kvartsi-, home-, sementti- ja puupölyn poistamiseen. (13)

#### 5.3.4 Imurit

Siivoustyössä kuivaharjaus levittää erittäin paljon pölyä ilmaan. Rakennusimurilla ja erityisesti keskuspölynimuria käyttämällä pölypitoisuuksia ja -altistumista pystytään alentamaan suuresti. (14)

Kohdepoistoimurien ja alipaineistuslaitteistojen imuyksiköt pyritään sijoittamaan pölyisen työtilan ulkopuolelle, jolloin laitteistojen ilmankierto ei nosta pölyä työtilan ilmaan, ja samalla vältetään imureiden tarpeeton likaantuminen. Ohjeita kohdepoistomenetelmistä on muun muassa Ratu-kortissa 82-0129 Purkutyöt.

#### 5.3.5 Ilmanpuhdistimet

Ilmanpuhdistimilla on hyvä erotusaste, mutta niiden teho ei välttämättä riitä puhdistamaan osastoitujen rakennustyömaa tilojen ilmaa tehokkaasti. Kun tilan pölypitoisuus on korkea, tehostettu tuuletus vähentää tutkimusten mukaan pölypitoisuuksia selvästi paremmin kuin testatut ilmanpuhdistimet. Ilmanpuhdistimia voidaan suositella käytettäväksi silloin, jos tuuletus ulkoilmaan ei onnistu lämpö- tai kosteusoloista johtuen tai esimerkiksi kaupungin järjestyssäännön takia. (14)

#### 5.4 Osastointi

Käyttämällä rakennuksen olemassa olevaa rakenteellista huonejakoa hyväksi tai tilapäisiä suojaseinärakenteita voidaan rakennustyökohde eristää muista tiloista. Osastoitu alue voidaan pölyn leviämisen estämiseksi alipaineistaa, jolloin viereisistä puhtaista tiloista virtaa korvausilmaa osastoidulle alueelle.

Itä-Suomen yliopiston ympäristötieteen laitoksen tekemän tutkimuksen mukaan osastointia voidaan tehostaa viereisen puhtaan tilan ylipaineistuksella. Tutkimuksessa huomattiin, että vaikka osastoidun tilan alipaineistus oli alimitoitettu tilan kokoon nähden, voitiin viereisen tilan ylipaineistuksella estää tehokkaasti pölyn kulkeutuminen pölyiseltä käytävältä puhtaaseen huoneistoon. (14)

## 5.5 Suojaukset

Suojauksella tarkoitetaan rakennuksen eri osien ja alueiden suojausta ja osastointia sekä pintojen, kalusteiden, laitteiden ja rakennusmateriaalien suojaamista pölyä, likaa ja vettä vastaan. Suojauksissa käytetään erilaisia muoveja ja peitteitä, aaltopahvia, kovalevyjä, puutavaraa, vaneria, teräsohutlevyjä ja vaahtomuovia. Suojaukset kiinnitetään suojamateriaalista, kiinnitysalustasta ja kiinnityksen pysyvyydestä riippuen käyttäen teippiä, niittejä, nauloja, ruuveja sekä erilaisia kiinnityслиimoja. (15)

Rakennustyömaan suojausten suunnittelun lähtökohtana on työmaan aluesuunnitelma. Kohteesta on myös hyvä olla saatavilla pohjapiirustukset, yleis- ja rakennusvaiheikataulut sekä tavoitearvio ja kustannusseuranta asiakirjat. (15)

Ulkovarastoinnissa on kiinnitettävä erityistä huomiota, että suojapeitteitä on riittävästi ja ne ovat saatavilla ja oikein asennettuina, jotta rakennusmateriaalit voidaan suojata sääolosuhteilta oikein ja riittävän hyvin. Vaurioituneet rakennusmateriaalit ovat rakentamisessa käytettyinä aina riskitekijä ja mahdollinen sisäilman laadun pilaaaja. Suojapeitteinä käytetään PVC-pohjaisia polyesterimuoveja, polyeteenimuovia ja verkkomaisia suojamateriaaleja. (15)

Työmaa-alueella ei tulisi tehdä muita töitä samaan aikaan, ennen kuin suojaukset on saatu tehtyä. Materiaalien ja työvälineiden siirrot työkohteeseen ja materiaalien työnaikainen säilytys suunnitellaan etukäteen. Siirroissa ja varastoinneissa on huolehdittava siitä, että tarvikkeet eivät vaurioidu. Suojaustyön suorittaminen yhtäjaksoisesti vähentää suojarakennelmien työaikaista korjaustarvetta. (15)

### 5.5.1 Suojaseinät

Valmiit tilat ja tilat, joita käytetään työn aikana normaaliin käyttötarkoitukseen, voidaan eristää työstä aiheutuvilta haitoilta, esimerkiksi pölyltä, rakentamalla työkohteen ja käyttöosan välille tilapäisiä suojaseiniä. Perusvaatimus suojaseinällä on estää pölyn kulkeutuminen ilmavirtausten mukana työkohteen ulkopuolelle sekä tiiveys. Suojaseinään voidaan yhdistää myös meluntorjuntaan liittyviä ominaisuuksia. Myös suojaseinän antama näkösuoja voi olla yksi määräävä ominaisuus seinätyyppejä valitessa. (16)

Tilapäiset suojaseinät rakennetaan yleensä puu- tai alumiinirunkoisina. Seinien levytyksenä käytetään vaneria, lastu- tai kipsilevyä. Kevyemmissä suojaseinissä käytetään lä-

pinäkyvää rakennusmuovia, 0,2 mm:stä polyeteeniä. Puurunkoiseen seinään muovi kiinnitetään nitojalla. Muovin kiinnityksen jälkeen muovi teipataan tiiviisti nurkkakohdista ympäröiviin rakenteisiin. Samoin teipataan saumakohdat ja muoviin tulleet reiät ilmatiiviiksi. Teippinä voidaan käyttää pakkaus- tai suojausteippiä. Suojaseinätyyppeinä voidaan käyttää periaatteessa kaikkia väliseinärakenteita, jotka soveltuvat teknisiltä ominaisuuksiltaan vastaamaan suojaseinälle asetettuja vaatimuksia. (16)

### 5.5.2 Muu suojaus

Kulkuaukot suojaseiniin toteutetaan kahdella eri tapaa, riippuen kuinka kovalla käytöllä kulkureitti on. Mikäli käyttö on suhteellisen vähäistä ja työ kestoltaan lyhytaikaista, kulkuaukon tekeminen suojaseinään tapahtuu viiltämällä kulkukohtaan pystysuunnassa kulkutarpeen mukainen viilto. Vaakasuuntainen viilto on noin 200 mm lattiapinnan yläpuolella, ja viilto ylettyy noin 400 mm pystyviillon kummallekin puolelle. Viiltoaukko peitetään muovikappaleella, joka on noin 1 200 mm leveä ja ylittää pystyviillon noin 200 mm:llä ylä- ja alareunasta. Muovikappale kiinnitetään alipaineistetun osaston muovisen suojaseinän ulkopintaan. Muovikappaleen alareunaan voidaan kiinnittää kevyt puurima painoksi. (16)

Työn aikana käytettävien tai valmiiden tilojen väliset ovet suljetaan ja kulkutarpeen sekä pölytiiveyden huomioiden tiivistetään asian mukaisesti. Mikäli ovesta kuljetaan ja pölyn leviämistä halutaan minimoida, voidaan oviaukon kummallekin puolelle kiinnittää muovikalvo. (16)

Mikäli osastoidun ja muun tilan erottamisen välinen kulkuaukko on tarkoitettu tilojen väliseen kulkemiseen ja sen käyttö on runsasta, tulee aukko varustaa saranoidulla ovella. Oven ja karmin liitoskohta voidaan varustaa tiivistenauhalla, riippuen millaista tiiveyttä kulkuaukolta vaaditaan.

Ilmastointihormit suljetaan ja teipataan umpeen tai peitetään muovilla tiloissa, joissa tehdään pölyäviä töitä tai mihin pöly voi mahdollisesti levitä. Ilmastointilaitteet sammutetaan, mikäli mahdollista, alueilta joissa pölyäviä rakennustöitä suoritetaan. (16)

### 5.6 Rakennusaikainen siivous

Rakennuspölynhallinnassa rakennusaikaisella siivouksella on merkittävä rooli. Rakennussiivouksen taajuuteen ja lopputulokseen vaikuttavat rakennuttajan asettamat rakennus-

hankekohtaiset puhtaustasovaatimukset. Korjausrakentamisessa rakentamisen aikaisella siivouksella vähennetään rakentamisesta kiinteistön käyttäjille aiheutuvaa häiriötä sekä estetään säilytettävien pintojen likaantuminen ja vaurioituminen. Rakennusaikaisella siivouksella varmistetaan piiloon jäävien rakenteiden puhtaus. (10)

Työpisteiden siisteys ja jätteiden syntypaikkalajittelu vähentävät merkittävästi rakennuspölyn leviämistä työympäristöön. Puhtaanapidon ja jätteiden lajittelun työnjako määritellään työmaakohtaisesti urakka-asiakirjoissa. Yleisesti tämä toimii niin, että jokainen urakoitsija huolehtii itse oman työkohteensa järjestyksestä sekä oman rakennus- ja pakkausjätteen lajittelusta. Rakennussiivoojan tehtäviin voi kuulua kohteen siivous ja jäteastioiden tyhjentäminen. (10)

Rakennuspölyn siivouksessa ei pidä käyttää kuivaharjausta. Suuret roskat kerätään käsin ja lastan avulla, tämän jälkeen tilat imuroidaan hyvällä teollisuusimurilla tai keskusimurilla. Keskuspölynimurilla tai erikoissuodattimella varustetulla imurilla voidaan tutkimusten mukaan alentaa pölytasoa. Korjausrakennustyömaalla keskuspölynimurin käyttö ei ole kuitenkaan yleistynyt, sen tuomista eduista huolimatta. (10, 24)

Korjausrakennustyömaalla kannettava pölynimuri on hyvä vaihtoehto, kun sen rakenne on tiivis ja suodatin vaihdetaan riittävän usein. Sisäilmastoluokitus 2008 ja Terveen talon toteutuksen kriteerit-ohje edellyttävät, että puhtausluokka P1-tiloissa imuroitaessa pölynimureissa käytetään hienopölysuodatinta, joka suodattaa vähintään 98 prosenttia alle 3 µm:n hiukkasista. (10, 24)

Rakentamisen aikaisessa siivouksessa käyttökelpoisia ovat suurella pölysäiliöllä varustetut teollisuusimurit. Rakentamisen aikainen keskuspölynimurijärjestelmä on harvinainen, mutta toimiva vaihtoehto. Loppusiivouksen aikana tarvitaan kevyttä ja helposti liikuteltavaa laitosimuria. (10, 24)

Tarkempia loppusiivousmenetelmiä tai välinevalintoja ei käsitellä tässä opinnäytetyössä, sillä niiden tarkasteleminen kuuluu puhtausalan piiriin.

Rakennusjätteen keruu ja siirto keräyspisteeseen tulee suorittaa mahdollisimman vähän pölyä aiheuttavalla menetelmällä. Jätekuilua voidaan käyttää jätteen siirtämiseen rakennusten kerroksista jätelavalle. Pölyn kannalta tämä vaihtoehto on suotuisa, koska pölyävä jäteaines siirretään silloin mahdollisimman lyhyttä kuljetusreittiä pitkin suoraan ulkona

olevalle jätelavalle, jolloin pöly ei pääse leviämään työmaan ympäristöön. (17, 18)

Kevyttä jätettä kuten eristeitä voidaan kerätä suoraan jätesäkkeihin jätteen syntypaikalla ja säkin sulkea pölytiivisti ennen pois kuljetusta. Kipsilevyn kappaleet voidaan kerätä heti leikkuun jälkeen esimerkiksi kärryyn, jolloin yleisilme säilyy siistinä. Leikkuupaikka tulee myös imuroida pölystä riittävän usein, jotta kipsipöly ei leviä kengänpohjissa ympäriinsä. (17, 19)

## 5.7 Työmaan tiedotteet ja perehdytys

Rakennuspölynhallinnan näkökulmasta hankekohtaisella tiedottamisella ja yleisemmällä koulutuksella pyritään saavuttamaan jokaisen rakennusprojektiin osallistuvan tietoisuuden ja ymmärryksen hänen oman työnsä merkitys sekä hänen ja muiden osapuolien yhteistyön vaikutus rakennusprojektin lopputulokseen.

Tiedottaminen aloitetaan heti rakennushankkeen alkuvaiheessa, ja sitä tulee jatkaa projektin loppuun asti. Työn aikaista siivousta käsitellään urakoitsijapalaverissa ja työmaakouksissa, joihin osallistuu myös mahdollinen siivousurakoitsija. Rakennussiivouksen käsittely vakiintuneissa yhteistyökäytännöissä liittyy työmaan puhtauden osaksi rakennusprosessia. Tilauksissa todetaan siivouksen laadun taso ja päätetään mahdollisten laatu-poikkeamien korjaamisesta. Ennen työn aikaisen siivouksen aloittamista pidetään koko työmaan henkilöstölle tarvittaessa yhteinen koulutustilaisuus. Tämä on tärkeää etenkin silloin kun tavoitteena ovat sisäilmastoluokat S1 ja S2. (10, 13)

Koulutus voidaan esimerkiksi toteuttaa kahdessa eri jaksossa: sisärakennustöiden alkaessa sekä siirryttäessä puhtausluokka P1-tilojen rakentamiseen. Koulutuksessa kerrotaan työmaan puhtaudelle asetetuista laatuavoitteista, työmaan siivouksesta sekä laadunseurannan toteuttamisesta. Tavoitteena on, että jokainen työmaalla työskentelevä tunnistaa oman työnsä merkityksen työmaan puhtaudelle. (10, 13)

## 6 AIEMMAT TUTKIMUKSET

Itä-Suomen yliopiston Ympäristötieteen laitoksella on tehty tutkimus- ja kehitystoimintaa liittyen rakennuspölyyn. Työsuojelurahaston vuonna 2009 kustantamassa hankkeessa etsittiin menettelytapoja, joiden avulla voitaisiin vähentää rakennustyöntekijöiden pölyaltistumista ja edistää valmiin rakennuksen sisäilman laatua. Hankkeen aikana luotiin mitatta-

vissa tai todennettavissa olevat parametrit ja niiden tavoitearvot rakennustyömaan pölysyydelle. Teknisiä pölynhallintakeinoja kehitettiin sekä laadittiin ohjeistus pölyn leviämisen hallintaan rakennustyömaalla. Lisäksi tutkimuksessa selvitettiin pölyn vaikutusta ihmisen puolustusjärjestelmään. Tutkimuksen kenttäkohteina oli neljä työmaata, joissa mitattiin pöly- ja kuitupitoisuuksia rakennustyön erivaiheissa. Pölynhallintatekniikoiden osalta tutkittiin pölyttömiä työmenetelmiä ja pölynhallintakeinoja. Hankkeen pohjalta syntyi menettelytapaohjeistus ja ehdotus rakennustyömaan puhtausvaatimuksille. Tutkimuksen tuloksia on ollut esillä alan ammattilehdissä sekä koti- ja ulkomaisissa konferensseissa. (14)

Tällä hetkellä työsuojelurahasto on myöntänyt kehitysavustusta Metso Minerals Oy:n tekemään kiviaineksen murskauslaitteiston pölynhallinnan parantamisen tutkimiseen. Muita pölynhallintaan liittyviä tutkimuksia on vuonna 2001 tehty rakennusteollisuuden keskusliiton tutkimus- ja kehitystoimintahanke Turvalliset työmenetelmät vaarallisten aineiden käsittelyyn korjausrakennustöissä. Kyseisessä hankkeessa käsiteltiin muun muassa asbestia sisältävien rakenteiden purkutyötä. Työn tuloksena julkaistiin viisi Ratu-menetelmäohjekorttia. (14)

## 7 TYÖMAAKOHDE

Opinnäytetyöni toinen osa muodostui todellisesta työmaakohteesta, jossa suoritin pölymäärämittauksia sekä tein käytännön tarkasteluja pölynhallinnan toteutumisesta.

Työmaakohteena oli Karhulan mielenterveystoimisto, jossa tehtiin IV-suunnitelmien mukaiset laitteiden ja ilmastointikanavien uusintatöitä sekä tähän liittyen rakennustöitä neljässä eri vaiheessa. I-vaihe oli 5.10–13.11.2009, II-vaihe 16.11–13.12.2009, III-vaihe 4.1–12.2.2010 ja IV-vaihe 15.2–16.4.2010. Sisäilmaston tavoitearvoksi oli asetettu S1 ja rakentamisen puhtausluokitukseksi P1.

Rakennuksessa vanha IV-kone sijaitsi kellarikerroksen IV-konehuoneessa. Konehuone purettiin ja tilalle asennettiin uusi kellarikerrosta palveleva IV-kone. Koneelle johdettiin raitisilma ja poisto vanhoja reitityksiä hyväksikäyttäen.

Ensimmäiseen kerrokseen asennettiin kolme eri IV-konetta. Koneille rakennettiin puurunkoiset Gyproc-levyseinäiset tilat. Tiloihin raitisilma otettiin rakennuksessa jo olemassa olevien ikkuna-aukkojen yläosaan sijoitetuista raitisilmasäleiköistä. Poisto vietiin katolle.

Kaikki vanhat kanavat purettiin, ja uudet kanavat asennettiin niiden tilalle. Käytävien ja aulojen vanhat alas lasketut akustokatot purettiin ja niiden tilalle asennettiin uusi akustokatto T-listajärjestelmällä. Purettavissa katoissa olleet vanhat valaisimet uusittiin. Osissa huoneissa alas laskettujen kattojen vanhat valaisimet kuitenkin pyrittiin säilyttämään mahdollisuuksien mukaan. Huoneisiin tehtiin pääosin Gyproc-levykotelot puurunkoisina, ilmastoinnin vaatimiin kohtiin.

Työmaalla työolosuhteet ja asennustapa noudattavat hyviä työtapoja ja valmistajan ohjeita. Työolosuhteet ja muut työn suoritukseen vaikuttavat seikat tarkistettiin hyvissä ajoin ennen työn aloittamista.

Kohteen rakennusselostuksessa oli ohjeistettu kiinnittämään erityistä huomiota suojaukseen työmaalla. Seinien, ovien ja lattiapäälysteiden suojauksesta oli maininta. Kesken-eräiset ja valmiit rakenneosat suojataan tai eristetään niin, etteivät ne vahingoitu rakennustyön aikana tai työn ollessa pysähdyksissä. Rakennusosat suojataan pölyltä sekä suojaustoimien tulee olla riittäviä ja tarkoituksenmukaisia, sekä niihin tulee varustautua hyvissä ajoin, ettei vaurioita tapahdu olosuhteiden nopeasti muuttuessa.

Rakennusselostuksessa vanhojen rakenteiden purku oli hankekohtaisesti esitetty kohteen huonekorteissa. Erillistä purkupiirustusta ei ole, vaan purkutyöt oli selvitetty hankkeen muissa LVI-, sähkö- ja rakenne- sekä pohjapiirustuksissa.

## 8 MITTAUKSET

Tutkimustyö aloitettiin Karhulan mielenterveystoimiston työmaalla 5.10.2009, ja ensimmäiset mittaukset työmaalla suoritettiin I-vaiheen tiloissa 13.11.2009. Tutkimuksen tarkoituksena oli mitata pintapölymääriä rakennuksen eri tiloissa rakentamisen eri vaiheissa, sekä ennen että jälkeen rakennustyön. Tehtävät mittaukset suunniteltiin käyttäen sisäilmastoluokitusta 2008 apuna. Myös mittaustulosten analysoinnissa käytettiin samaa ohjeistusta. Liitteessä 1 on ilmoitettu ohjearvot joihin saatuja mittaustuloksia verrattiin.

Pintapölyn mittaamiseen käytin BM-DustDetectoria, joka kuuluu pohjoismaiseen INSTA 800 siivouksen laatustandardiin. Hiukkasten mittaamiseen huoneissa käytin AEROTRAK 8820-partikkelilaskuria. Tällä laitteella mitattiin kuutta eri partikkeli kokoaluetta 0,3–0,5 µm, 0,51–µm, 1–3 µm, 3–5 µm, 5–10 µm ja yli 10 µm.



## 8.1 BM-DustDetector

BM-DustDetectorin toimintaperiaate perustuu geeliteippiin telattuun pölynäytteeseen, joka mitataan laser-säteen avulla kyseisellä laitteella. Tulos saadaan teipin läpi kulkevan lasersvalon intensiteetin alenemana, eli teippiin tarttunut pöly estää valon läpikäymisen. Mitatun pölymäärän laite ilmoittaa pölyprosentteina. Saatua tulokseen on kuitenkin syytä suhtautua varauksella, sillä mitattavan pinnan rakenteella on merkitystä mittaus tulokseen. Epätasaisella pinnalla tai pinnalla, jossa näkyy runsaasti pölyä, saatu tulos voi olla epätarkka.

BM-DustDetectorin geeliteippi on noin 15 x 50 x 2 mm:n suuruinen teippi, jonka reunoilla on vahvikkeet. Näytön oton aikana teipistä tulee ottaa kiinni vahvikeosasta, ettei teippiosaan jää sormenjälkiä. Aluksi teippi asetetaan laitteen mittausrakoon ja teipille tehdään referenssimittaus. Tämän jälkeen teippi siirretään mitattavalle pinnalle ja telataan huolellisesti ristiin 1 kp:n paineella. Teippi irrotetaan pinnasta ja asetetaan välittömästi uudelleen mittalaitteeseen. Painamalla %-merkkiä näyttöön saadaan pölyprosenttilukema.

Geeliteippimenetelmää käytetään yleisesti pintapölyn keräysmenetelmänä, kun tutkitaan sileän pinnan pölymäärää. (18, 29)

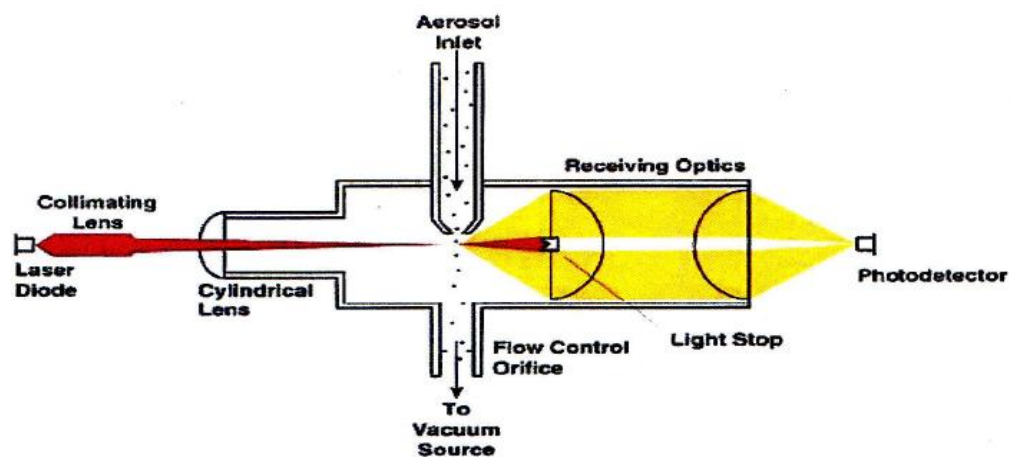
## 8.2 AEROTRAK 8820 hiukkaslaskuri

Hiukkaslaskurin pölypartikkelikokojakauma-alueeksi valittiin 0,3–0,5 µm, 0,5–1 µm, 1–3 µm, 3–5 µm, 5–10 µm ja yli 10 µm. Peruste kokojakauman valintaan löytyi ohjaajani Leena Järvisen opinnäytetystä. Järvinen oli käyttänyt omissa mittauksissaan samaa pölypartikkelikokojakauma-aluetta. Minun opinnäytetyöni on jatkumoa hänen aloittamalleen tutkimustyölle, ja oli luonnollista valita sama pölypartikkelikokojakauma-alue.

AEROTRAK 8820 -hiukkaslaskurilla saatiin mitattua myös huonetilan ilman lämpötila, kosteus ja ilman liikenopeus. Kuvassa 1 on esitetty kyseinen mittalaite ja kuvassa 2 laitteen toimintaperiaate.



Kuva 1. AEROTRAK- 8820 hiukkaslaskuri



**Figure 2**  
Flow Through an Optical Particle Counter

Kuva 2. AEROTRAK -8820 hiukkaslaskurin toimintaperiaate.

Hiukkaslaskurilla tehdyt mittaukset tapahtuivat tässä työssä 5 minuutin jaksoissa, ja niitä oli 125 kappaletta. Yhden mittausjakson kokonaispituudeksi muodostui näin 3 vuorokautta. Laskurista tulostetaan lukuarvot suoraan tietokoneelle, ja niiden avulla tehdään tarvittavat laskutoimenpiteet ja muokataan tulokset luettavaan muotoon Excel-taulokkoon. Mittaustulokset ovat esitetty liitteissä 5–8.

### 8.3 Mittaussuunnitelma

#### 8.3.1 BM-DustDetector

BM-DustDetectorille laadittu mittaussuunnitelma jaettiin kahteen osaan. Ensimmäisessä osassa haluttiin selvittää tilojen pintapölypitoisuutta rakennustöiden päätyttyä, loppusiivouksen jälkeen, kuitenkin ennen tilojen luovutusta käyttäjälle. Toisessa osassa pintapö-

lymittaukset suoritettaisiin rakennustöiden päätyttyä, kuitenkin ennen IV-koneen toimintakokeita. Mittauksilla pyrittiin selvittämään, millainen puhtaustaso työmaalla on ennen loppusiivousta ja loppusiivouksen jälkeen.

Mittauspisteiden valinnassa noudatin Sisäilmastoluokitus 2008 antamia ohjeita rakentamisen puhtausluokituksesta P1. Ohjeissa on annettu viitearvot sallituille pintapölypitoisuuksille ennen toimintakokeita ja ennen rakennuksen luovutusta. Mittauspisteiden sijainti mitattavassa tilassa oli määritelty kolmeen tasoon. Määritelmät ilmenevät taulukosta 3a ja 3b.

Taulukko 3a. Ohjearvot pintapölypitoisuuksille ennen ilmanvaihdon toimintakokeita

Ennen ilmanvaihdon toimintakokeita	Sallittu %
Alakaton yläpuoli	5,00
Pinnat yli 1 800 mm	5,00
Pinnat alle 1 800 mm (pl. lattiat)	5,00

Taulukko 3b. Ohjearvot pintapölypitoisuuksille ennen rakennuksen luovutusta

Ennen rakennuksen luovutusta	Sallittu %
Pinnat yli 1 800 mm	1,00
Pinnat alle 1 800 mm (pl. lattiat)	1,00
Lattia pinnat	3,00

Sisäilmastoluokituksen 2008 ohjeistuksen ja taulukoissa 3a ja 3b olevien mittauspistemääritelmien pohjalta luotiin tätä kyseistä opinnäytetyötä varten oma taulukkomallipohja. Mallipohja on esitetty taulukkona 4. Huomioitavaa on että, mittauspisteiden sijainti ja korkoasema huoneissa on yksilöllinen.

Taulukko 4. Mittaustyössä käytettävä taulukkomallipohja

Mittaus	Nro	Tulos (%)	Mittauskorkeus (mm)
Lattia taso	1		0
Lattia taso	2		0
Työpöytä	3		900
Ikkunalaute	4		1 100
Seinäpinta	5		1 400
Kaapin yläreuna	6		1 400
Valaisimen päältä	7		1 800

Taulukkomallipohjan viereen varattiin tila huomautuskentälle, johon voitiin merkitä huonetilassa tai mittauksessa mahdollisesti esiintyneet poikkeukset, jotka voisivat vaikuttaa mittaustuloksen luotettavuuteen.

### 8.3.2 AEROTRAK 8820

AEROTRAK 8820-hiukkaslaskurille laadittu mittaussuunnitelma jaettiin käsittelemään neljää erillistä mittausta. Mittauksien tarkoitus oli selvittää rakennustyövaiheen pölyhiukkaspitoisuuksia tiloissa, joissa rakennustyöt olivat käynnissä, sekä millaisia hiukkaspitoisuuksia viereisissä, käyttäjän hallinnassa olevissa tiloissa esiintyi.

Ensimmäisessä mittauksessa hiukkaslaskuri sijoitettiin huoneeseen, jossa rakennustyöt olivat käynnistyneet. Huoneessa ei ollut alipaineistuslaitteistoa, vaan laite oli sijoitettu kauemmaksi samalla osastointialueella sijaitsevaan huoneeseen.

Toinen mittaus suoritettiin vastaavanlaisissa olosuhteissa. Poikkeavuutena oli että mittari sijoitettiin huoneeseen, jossa oli alipaineistuslaitteisto. Näillä kahdella edellä mainitulla mittauksella pyrittiin selvittämään, millainen vaikutus alipaineistuksella on rakennustyömaan ilman hiukkaspitoisuuteen ja hiukkasten kokojakaumaan.

Kolmanneksi mittauskohteeksi valittiin osastoidun alueen ulkopuolinen tila, joka oli vielä käyttäjän hallinnassa. Huoneen ilmanvaihdosta vastasi vanha IV-kone. Tämän mittauksen tarkoitus oli selvittää, millaiset lähtöarvot rakennuksessa vallitsivat. Hiukkaspitoisuuksista saatiin vertailuarvot viimeiselle mittaukselle, joka suoritettiin uusissa, rakennetuissa ja käyttäjän vastaanottamissa tiloissa. Tilan ilmanvaihdosta vastasi uusi IV-kone.

Mittaustuloksista nähdään myös, kuinka rakentamisvaihe on onnistunut, onko luovutettaviin tiloihin jäänyt pölykertymiä ja onko IV-asennukset suoritettu niin, ettei kanaviin ja laitteisiin ole päässyt rakentamisen aikaista pölyä mikä nyt vapautuisi huonetilaan.

### 8.4 Mittaustyön suorittamisen haasteet

Mittaukset suoritettiin normaaleissa rakennustyömaaolosuhteissa joissa ei pystytty kontrolloimaan kaikkia mittaustuloksiin vaikuttavia tekijöitä eikä luomaan samanlaisia mittausolosuhteita jokaista mittauskertaa varten. BM-DustDetectorilla tehdyt mittaukset huonetiloista pyrittiin suorittamaan samankaltaisin koejärjestelyin eri rakennusvaiheissa, mutta työmaan muuttuvat olosuhteet ja rakennustöiden vaihtelevuus aiheuttavat mittausolo-

suhteisiin poikkeamia.

AEROTRAK 8820-hiukkaslaskurilla tehdyt mittaukset suoritettiin työmaaolosuhteissa. Mittalaite on erittäin herkkä ilmanvirtauksille, ja näin ollen huoneessa liikkuminen vaikutti mittaustulokseen. Jotta voitaisiin selvittää mitattavan huoneen pölymäärä luotettavasti, olisi huone pitänyt rauhoittaa täysin mittauksen ajaksi muulta käytöltä. Näin ei kuitenkaan voitu menetellä käytännön rakennustöistä johtuen. Toisaalta nyt mittaustuloksista voitiin nähdä, kuinka ihmisen toiminta vaikutti huoneen hiukkaspitoisuus määriin. Näin saatiin todellinen kuva rakennustyömaan sekä käyttäjän hallinnassa olevien tilojen sisäilman hiukkaspitoisuuksista.

Mittaustyön esivalmisteluun kuului rakennuksen pohjapiirustuksiin ja työsuunnitelmaan sekä työnvaiheistukseen tutustuminen. Tämän pohjalta laadittiin mittaussuunnitelmat.

Opinnäytetyön aiheen löytäminen ja case kohteen rakennustöiden aloitus ajoittuivat hyvin lähekkäin toisiaan. Tästä johtuen mittaussuunnitelman tekemiseen ja pohjatiedon etsimiseen ei jäänyt mielestäni tarpeeksi aikaa. Sain kuitenkin ohjeistusta ja mittauslaitteiston lainaksi siivouspäällikkö Leena Järviseltä. Hän myös perehdytti minut mittauksien suorittamiseen ja antoi korvaamatonta ensitietoa aiheesta. Jälkiviisaana voin kuitenkin todeta, että mittauksiin valmistautuminen ja sitä edeltävä tutkitustyö vaatisi huomattavasti pidempiaikaisen ajanjakson.

AEROTRAK 8820-hiukkaslaskurin mittaustuloksista laadittiin Excel-taulukot tulosten analysointia varten.

## 9 TULOKSET JA NIIDEN ANALYSOINTI

### 9.1 BM-DustDetector

Pintapölymittaukset työmaalla tehtiin mittaussuunnitelman mukaisesti. Ensimmäinen mittaustaus suoritettiin I-vaiheen tiloissa 13.11.2009. Tiloissa oli suojaukset poistettu ja loppusiivous suoritettu. Taulukossa 5 on esitetty saadut pintapölymittaustulosten keskiarvot.

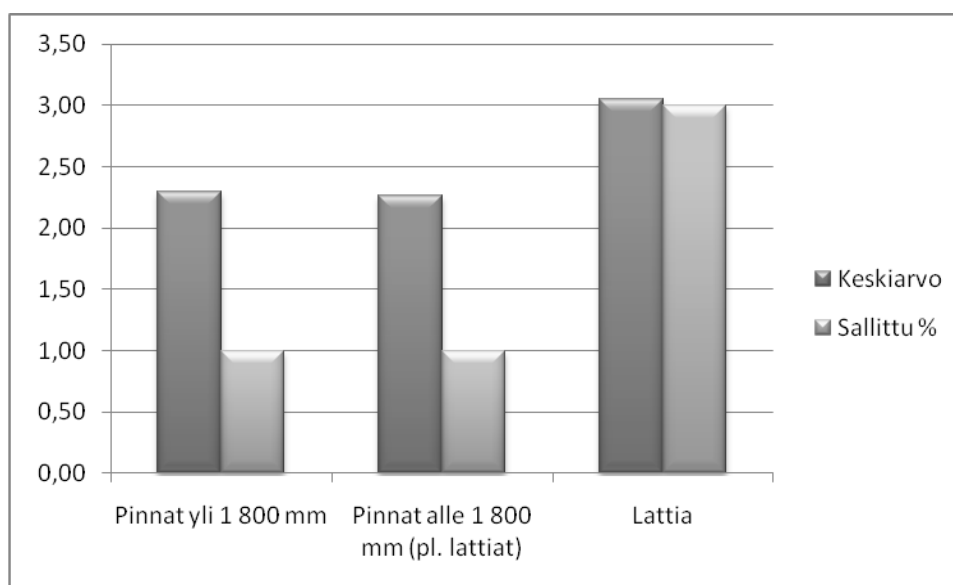
Tuloksista, jotka on esitetty kaaviossa 2, ilmenee että, pölypitoisuus tiloissa ylittää sallitut viitearvot. Huomioitavaa on kuitenkin, että mittauksia ei suoritettu välittömästi loppusiivouksen jälkeen, vaan siivouksesta oli kulunut aikaa 2–3 vuorokautta, ja tiloihin oli tämän jälkeen alkanut takaisin muutto.

Pölypitoisuuksista ei voida suoraan päätellä loppusiivouksen tasoa. On hyvin todennäköistä, että loppusiivouksella on saavutettu tavoitearvot. Viittaa tässä kohdassa siivouspäällikkö Leena Järvisen omaan opinnäytetyöhön (6), jossa hän on tutkinut loppusiivouksen onnistumista rakennustyömaaolosuhteissa ja todennut suorittamiensa mittausten perusteella, että loppusiivouksella pystytään saavuttamaan sille asetetut tavoitteet.

Pidänkin todennäköisempänä vaihtoehtona viitearvot ylittäviin pölypitoisuuksiin pölyn kulkeutumista tavaroiden ja ihmisten mukana muista tiloista sekä pintapölymittauksissa tapahtuneita epäluotettavuustekijöitä. Mallipohjataulukon huomautuskenttään olin kirjannut näytteenottohetkellä huomautuksia mitattavan pinnan laadusta. Aiemmin kappaleessa 8.1, jossa on kerrottu mittalaiteesta, mainittiin, että ”mitattavan pinnan rakenteella on merkitystä mittaustulokseen. Epätasaisella pinnalla tai pinnalla, jossa näkyy runsaasti pölyä, saatu tulos voi olla epätarkka.” Mittaustulostaulukosta (Liite 2) on nähtävissä esimerkiksi käytävän katosta ottamani näytteen kohdalla selvästi muista tuloksista poikkeava, korkeampi pölypitoisuus. Huomautuskenttään on kirjattu käytävän katon pinnasta jäävän geelileippiin selvästi jälkiä, jotka vääristävät tulosta.

Taulukko 5. Pintapölypitoisuudet loppusiivouksen jälkeen

Mittaustulokset	Keskiarvo	Sallittu %
Pinnat yli 1 800 mm	2,30	1,00
Pinnat alle 1 800 mm (pois lukien lattiat)	2,27	1,00
Lattia	3,05	3,00



Kuva 3. 13.11.2009 mitatut pintapölypitoisuudet ja P1-tavoitearvot

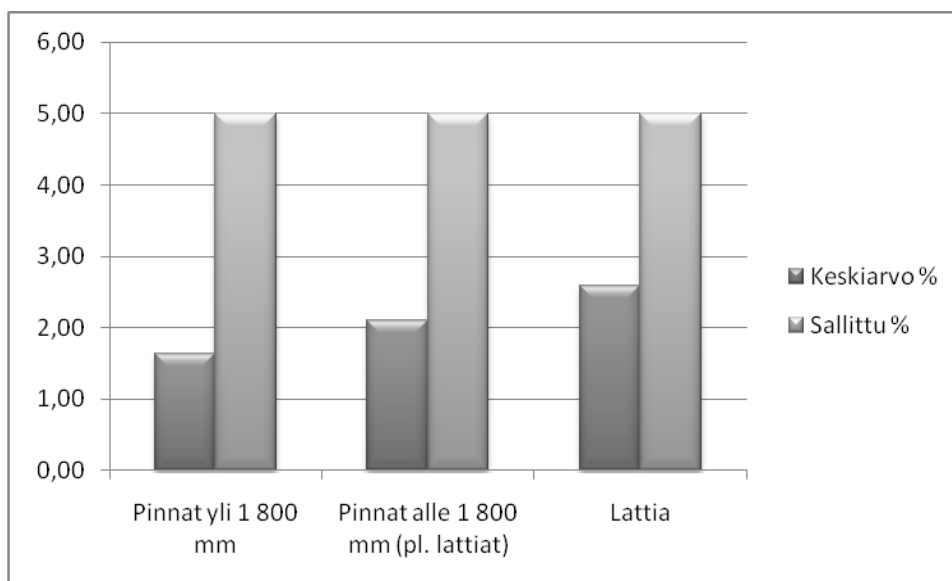
Toinen mittaus suoritettiin II-vaiheen tiloissa 18.12.2009 ennen toimintakokeita. Tilojen suojaukset oli poistettu ja tilat siivottu asiaan kuuluvalla tavalla. Huoneita, joissa mittaukset tehtiin, oli tässä toisessa mittauksessa valittu useampi. Tällä pyrittiin saamaan luotettavuutta mittaustuloksiin enemmän, sillä edellisessä mittauksessa otoksen pienuuden takia yksittäisen poikkeavan mittaustuloksen arvo vaikutti lopputulokseen liian paljon.

Mittaukset suoritettiin heti loppusiivouksen ensimmäisen vaiheen jälkeen jotta varmistuttiin siitä, etteivät tilat olleet päässeet likaantumaan rakennus- tai muusta toiminnasta johtuen. Huomioitavaa oli kuitenkin, että joissakin huoneissa oli vielä rakennusmateriaaleja ja tarvikkeita varastoituna, vaikka nämä olisi pitänyt poistaa tiloista ennen loppusiivouksen ensimmäistä vaihetta.

Taulukossa 6 on esitetty pintapölymittaustulosten keskiarvot ja kuvassa 4 nähdään tulokset pylväsdiagrammina. Tuloksista on nähtävissä, että sallitut viitearvot alitettiin. Rakennuksen puhtaustaso on saavutettu toimintakokeita edeltävälle tasolle. Mittaustulostaulukko on liitteenä 3

Taulukko 6. Pintapölypitoisuudet ennen toimintakokeita

Mittaustulokset	Keskiarvo	Sallittu %
Pinnat yli 1 800 mm	1,64	5,00
Pinnat alle 1 800 mm (pois lukien lattiat)	2,11	5,00
Lattia	2,59	5,00



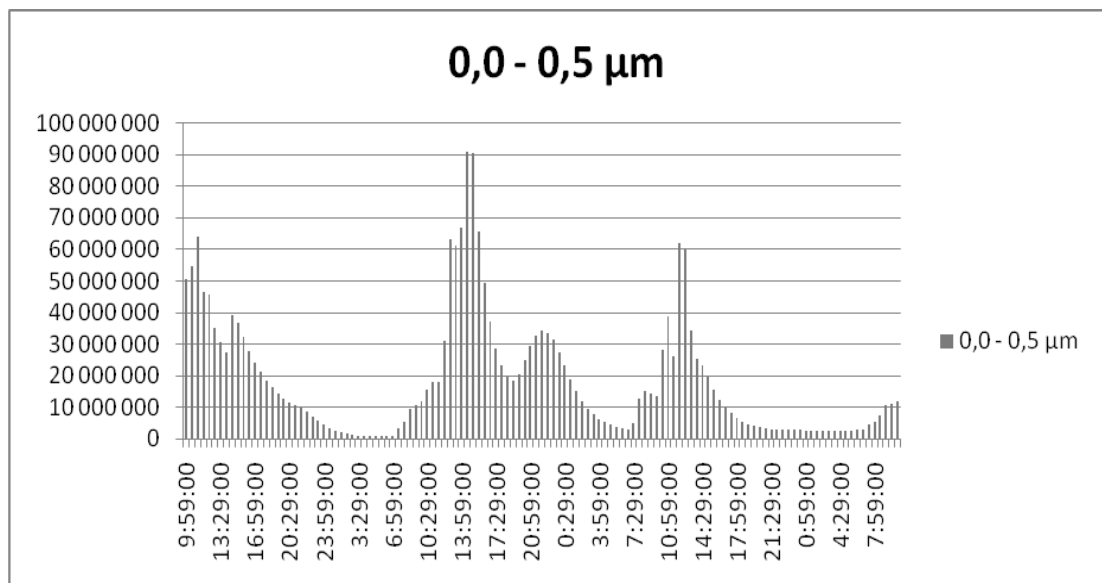
Kuva 4. 18.2.2009 mitatut pintapölypitoisuudet ja P1 tavoitearvot

## 9.2 AEROTRAK 8820

AEROTRAK 8820-hiukkaslaskurilla saadut tulokset on esitetty liitteissä 4–7. Tulosten tarkastelua ei voida suorittaa kovin tiukkalinjaisesti, vaan saadut tulokset ovat enemmän suuntaa antavia. Ihmisen toiminnan vaikutus ja läsnäolo tiloissa näkyy kaikissa tuloksissa selvästi hiukkaspitoisuuden nousuna. Aamuyön tunteina hiukkaspitoisuudet kaikissa partikkelikokoluokissa olivat selvästi vähäisempiä kuin työskentelyaikana mitatut arvot, jolloin tiloissa selkeästi ilmavirtaukset nostattivat pölyhiukkaset ilmaan ja työskentelystä aiheutui niitä lisää.

### 9.2.1 Huone 133

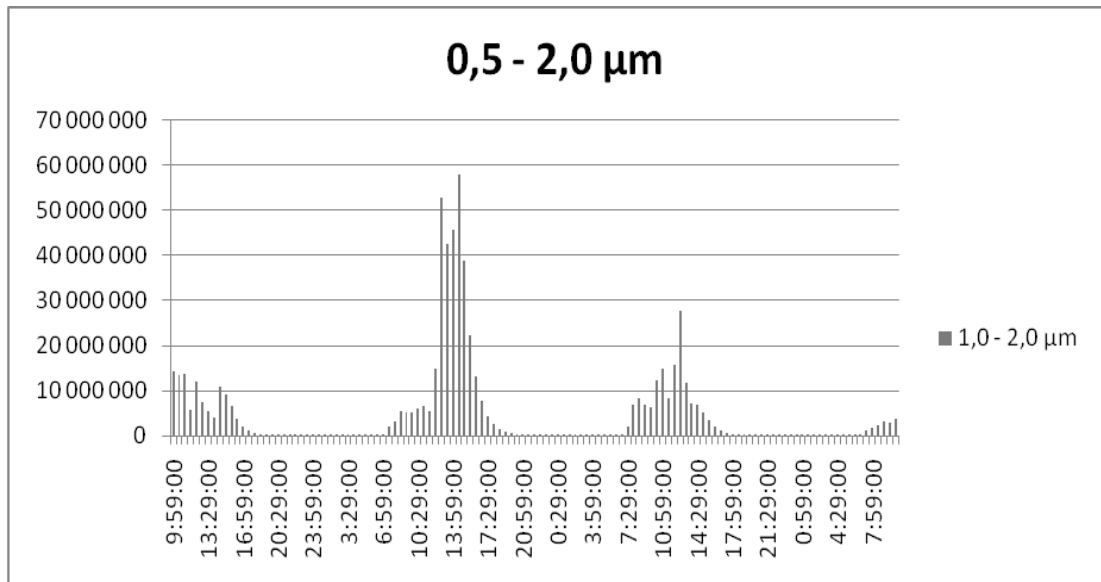
Mittaustyö aloitettiin 1.12.2009 II-vaiheen tiloista, huoneesta 133. Rakennustyöt olivat alkaneet ja huoneessa ei käytetty mittaushetkellä alipaineistajaa. Mittauksesta saadut hiukkaslukuarvot on esitetty liitteessä 4. Seuraavissa kuvissa 5–7 tulokset on esitettyinä pylväsdiagrammeina.



Kuva 5. Hiukkasmittaus 0,0–0,5 µm, huone 133

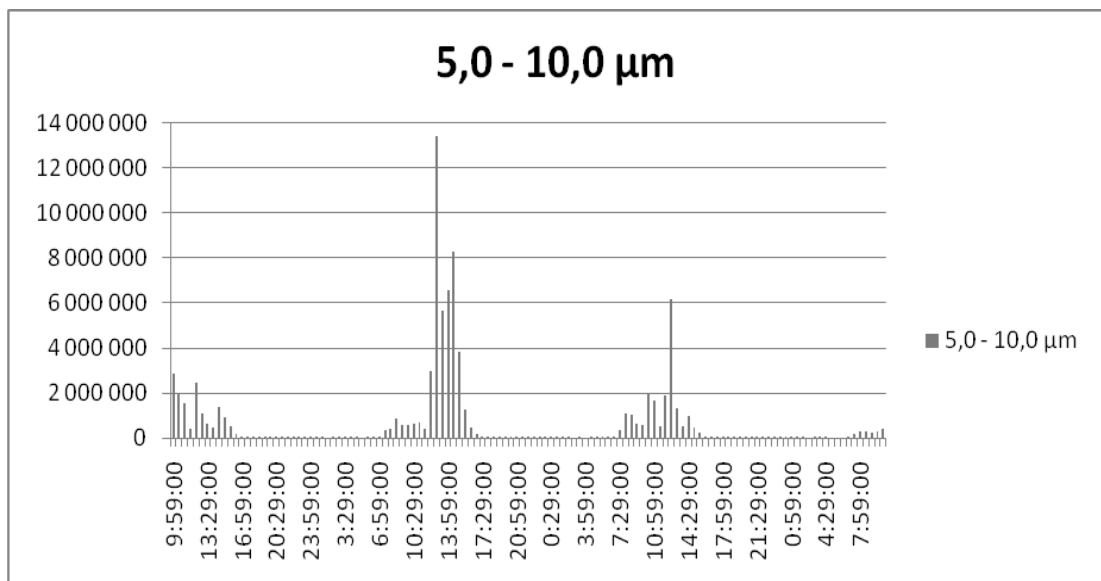
Kuvassa 5 nähdään pienten hiukkasten määrän olevan varsin korkea aikoina, jolloin huoneessa liikuttiin. Pienet alle 1 µm hiukkaset eivät koskaan laskeudu ilmasta pinnalle. Niiden määrään voidaan vaikuttaa ilmanvaihdolla ja tuuletuksella. (20)





Kuva 6. Hiukkasmittaus 0,5–2,0 µm, huone 133

Kuvassa 6 on huomattavissa myös ajankohdat, jolloin huoneessa oli liikettä. Hiukkasten määrästä voidaan huomata kuitenkin sekin, että aamuyön tunteina osa hiukkasista oli selkeästi ehtinyt laskeutua pinnoille, josta töiden alettua aamulla nousivat taas ilmaan.



Kuva 7. Hiukkasmittaus 5,0–10,0 µm, huone 133

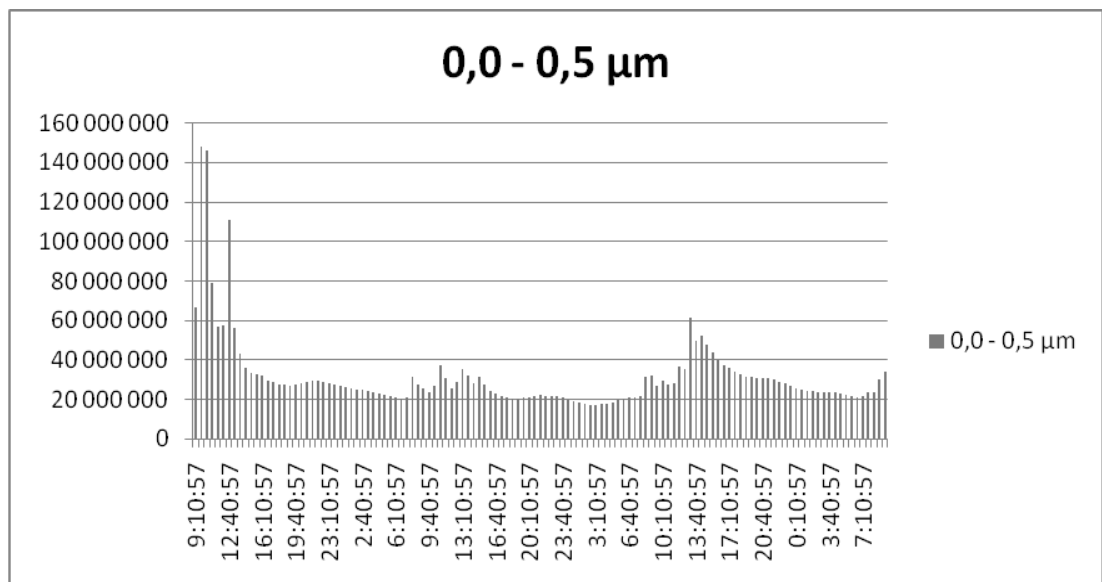
Pienimmät pinnoille laskeutuvat hiukkaset ovat kooltaan 1 µm ja niiden laskeutumisaika noin kahdeksan tuntia. 5 µm:n hiukkaset laskeutuvat 20 minuutissa, 10 µm:n hiukkaset 5 minuutissa ja 15 µm:n hiukkaset 2,5 minuutissa. 10 µm:n suuruiset hiukkaset ovat silmin jo havaittavissa. (21)

## 9.2.2 Huone 129

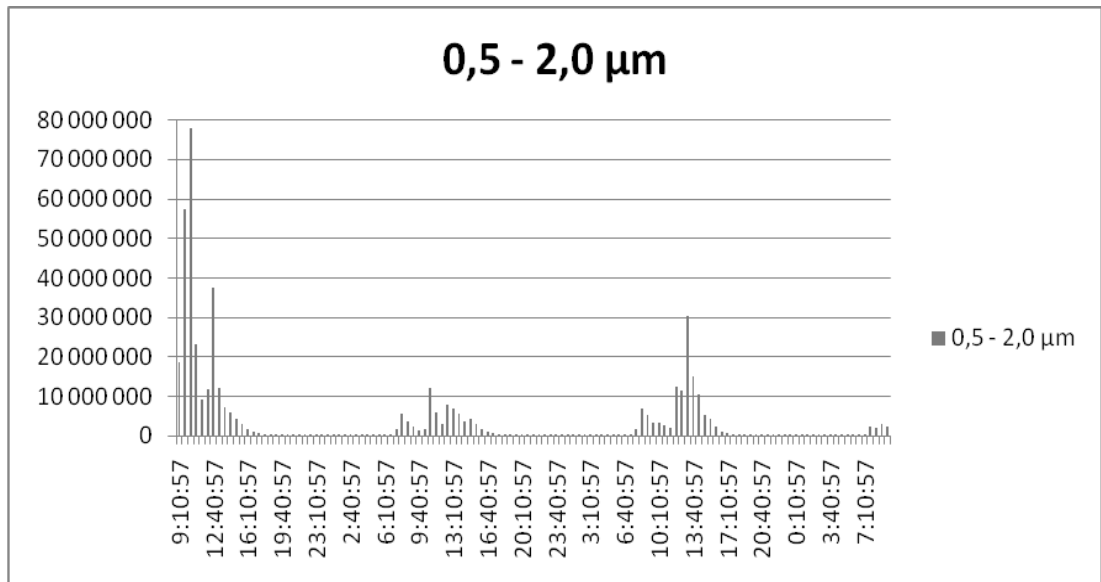
Huoneessa 129 suoritettiin vertailumittaus 8.12.2009 vastaavissa olosuhteissa. Kyseisessä huoneessa suoritettiin rakennustöitä, ja huoneeseen oli sijoitettu koko mittausjakson toiminnassa oleva alipaineistuslaitteisto. Saadut tulokset on esitetty liitteessä 5. Alla olevissa kuvissa 8–10 tulokset on esitettyinä viivadiagrammina.

Huoneessa 129 on pienten hiukkasten määrä mittarin asentamishetkellä kaikkein suurimmillaan. Tämän jälkeen hiukkaspitoisuus laskee ja pysyttelee suhteellisen tasaisena koko mittausajanjakson ajan. Verrattaessa huoneen 129 arvoja (Liite 5) huoneen 133 (Liite 4) mitattuihin vastaaviin arvoihin, voidaan todeta huoneessa 129 olevan korkeammat hiukkaspitoisuusarvot kokoluokissa  $0,3\ \mu\text{m}$  ja  $1,0\ \mu\text{m}$  kuin huoneessa 133.

Korkeampi pitoisuus voi johtua tiloissa tehdyistä rakennustöistä ja niiden aiheuttamien pölypitoisuuksien eroista. Alipaineistuslaitteistolla, joka sijaitsee huoneessa 129, voidaan vaikuttaa hiukkaspitoisuuksien määrään pienentävästi ilman vaihtuvuuden kautta. Sen sijaan laitteiston aiheuttama ilmanvirta huonetilassa näkyy kyseisen hiukkaskokoluokkajakuman tasaisuutena (ks. kuva 8).

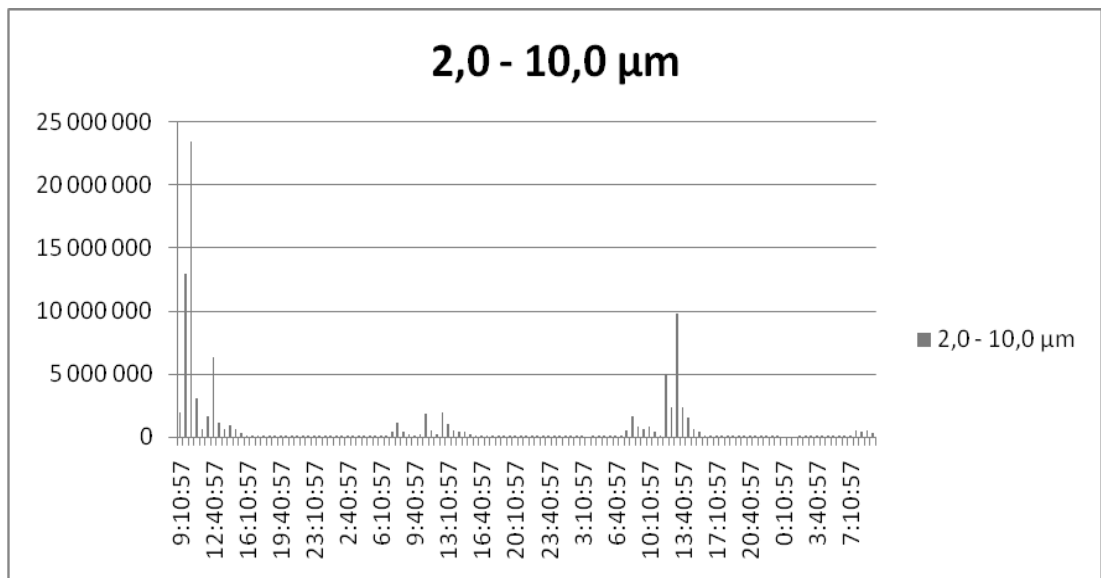


Kuva 8. Hiukkasmittaus 0,0–0,5  $\mu\text{m}$ , huone 129



Kuva 9. Hiukkasmittaus 0,5–2,0 µm, huone 129

Hiukkaskokoluokkajakauman 0,5–2,0 µm alueella on vielä hiukkasia, jotka eivät laskeudu pinnoille. Kuvassa 9 näkyy tiloissa työskentelyajalla olevan vaikutusta hiukkaspitoisuuksien määrään. Verrattaessa jälleen huoneen 129 arvoja huoneen 133 arvoihin, jossa ei alipaineistajaa ollut, voidaan huomata, että alipaistetussa huoneessa 129 on vähemmän tämän kokoluokkajakauman hiukkasia. Laitteistolla saadaan siis mitä ilmeisimmin poistettua hiukkasia tilasta.



Kuva 10. Hiukkasmittaus 2,0–10,0 µm, huone 129

Tarkasteltaessa kokoluokka jakaumaa 2,0–10,0 µm, jossa suurimmat pölyhiukkaset ovat jo silmin havaittavissa, voidaan todeta edelliseen kokoluokkajakaumaan nähden mielen-

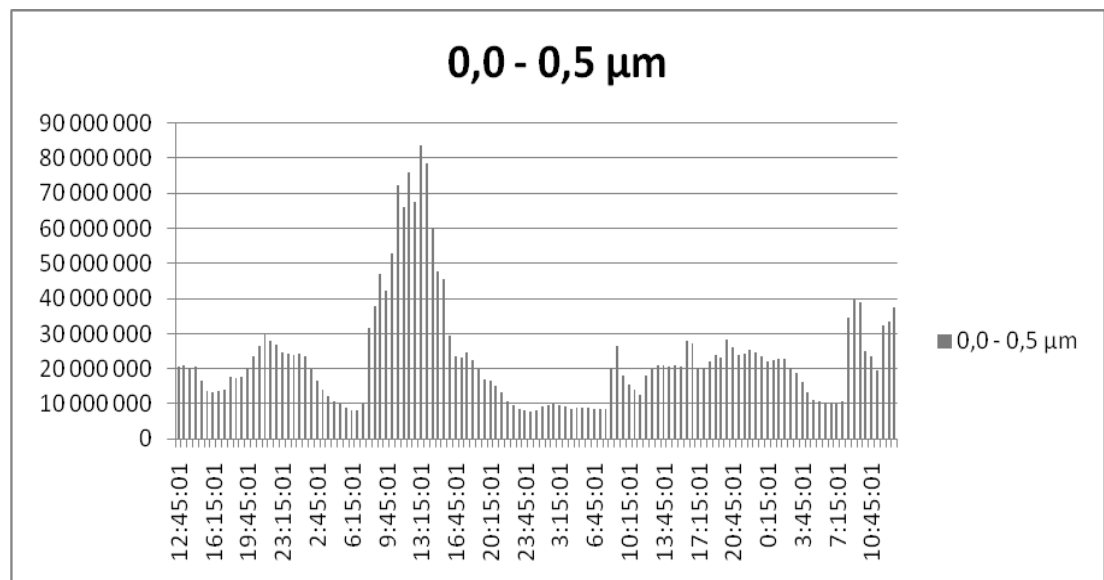
kiintoinen käänne. Alipaineistetussa huoneessa on suuremmat hiukkaspitoisuudet kuin huoneen 133 tiloissa, joissa laite ei ollut käytössä.

Työskentelyaikoina kummassakin huoneessa tämän kokoluokkajakauman hiukkaspitoisuus määrät kasvavat, ja illan ja aamuyön tunteina pitoisuudet tippuvat nollatasolle hiukasten laskeuduttua pinnoille. Voisiko tästä päätellä alipaineistajan olevan liian tehoton poistamaan näin isoja hiukkasia? Onko laite alimitoitettu vai onko laitteen suodattimen tukkoisuus mahdollisesti heikentänyt laitteen tehoa?

### 9.2.3 Huone 108

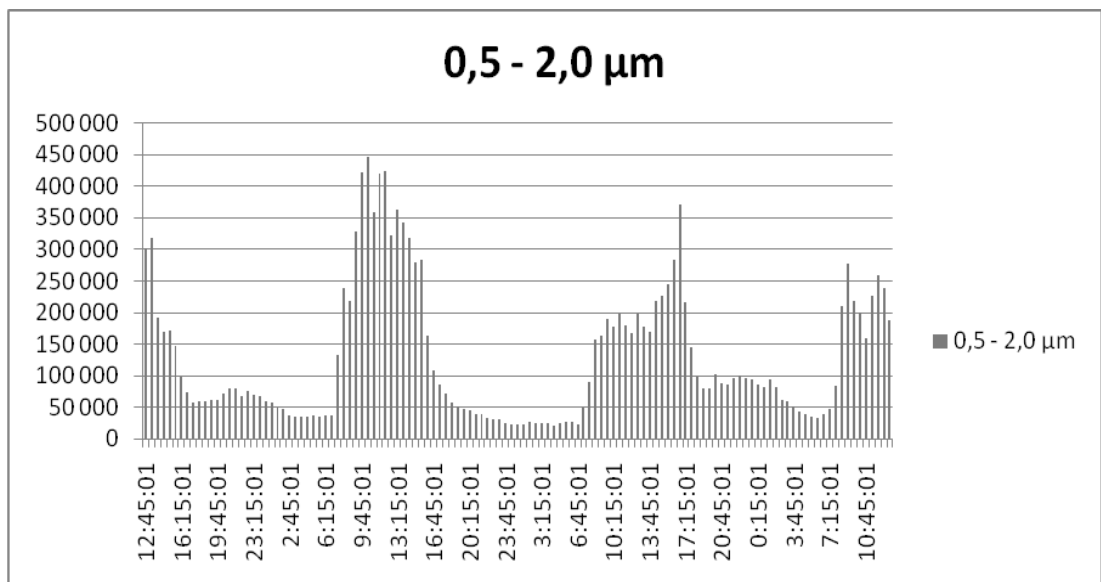
Kolmas mittaus suoritettiin 15.12.2009 henkilökunnan taukotilassa 108. Huone kuului III-vaiheessa kunnostettaviin tiloihin. Mittaushetkellä tila oli käyttäjän hallinnassa ja sen ilmanvaihdosta vastasi vanha IV-laitteisto. II-vaiheen rakennustyöt olivat viereisellä, osastoidulla alueella käynnissä. Saadut mittaustulokset on esitetty liitteessä 6.

Kuvissa 11–13 on tulokset esitetty pylväsdigrammeina tulosten havainnollistamiseksi. Kokoluokkajakauman hiukkaspitoisuus arvot ovat yllättävän korkeat, jos tuloksia verrataan viereisellä osastoidulla alueella mitattuihin arvoihin. Mittaustuloksissa näkyy huoneen käyttöajankohdat selvinä piikkeinä.

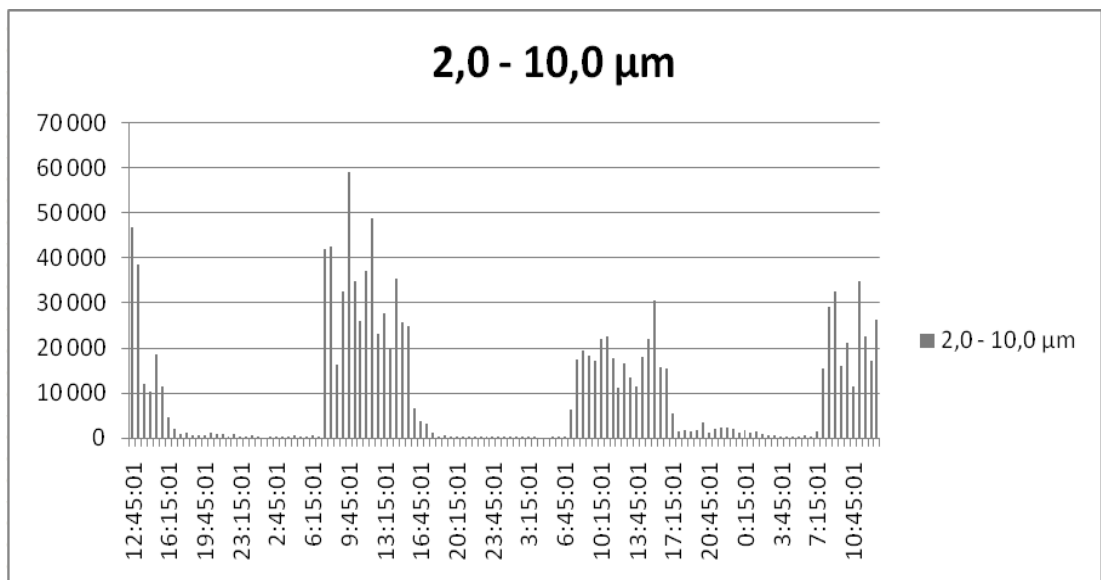


Kuva 11. Hiukkasmittaus 0,0–0,5 µm, huone 108

Kokoluokkajakauma 0,5–2,0 µm, joka on esitetty kuvassa 12, noudattaa kuvan 11 muotoa. Tilan käyttöajankohdat erottuvat selvinä piikkeinä.



Kuva 12. Hiukkasmittaus 5,0–10,0 µm, huone 108



Kuva 13. Hiukkasmittaus 5,0–10,0 µm, huone 108

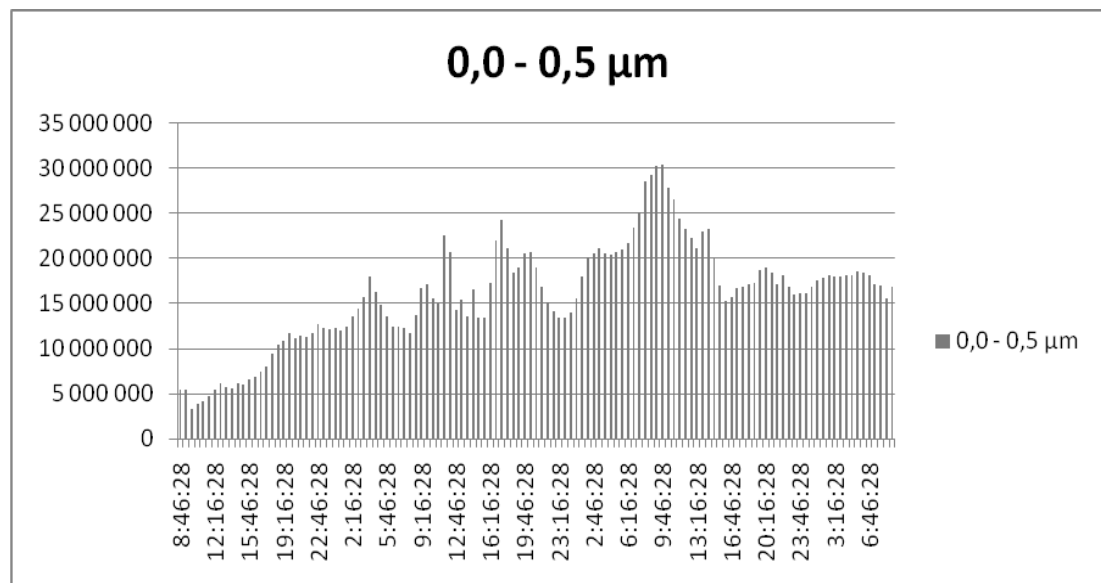
Kokoluokkajakauma 2,0–10,0 µm noudattaa samaa muotoa kuin edelliset luokat. Tilankäyttö erottuu edelleen selvänä piikkeinä, ja ilmanvaihdollisin keinoin ei olla pystytty hiukkaspitoisuuksia tasoittamaan.

#### 9.2.4 Huone 145

Viimeinen hiukkasmäärämittaus tehtiin I-vaiheen tiloissa 5.1.2010 huoneessa 145. Huoneen ilmastoinnista vastasi uusi IV-laitteisto, ja huone oli luovutettu käyttäjän hallintaan. Mittausajanjakson aikana huone oli kuitenkin tyhjillään ja näin ollen rauhoitettu muulta

toiminnalta. Saadut mittaustulokset on esitetty liitteessä 7.

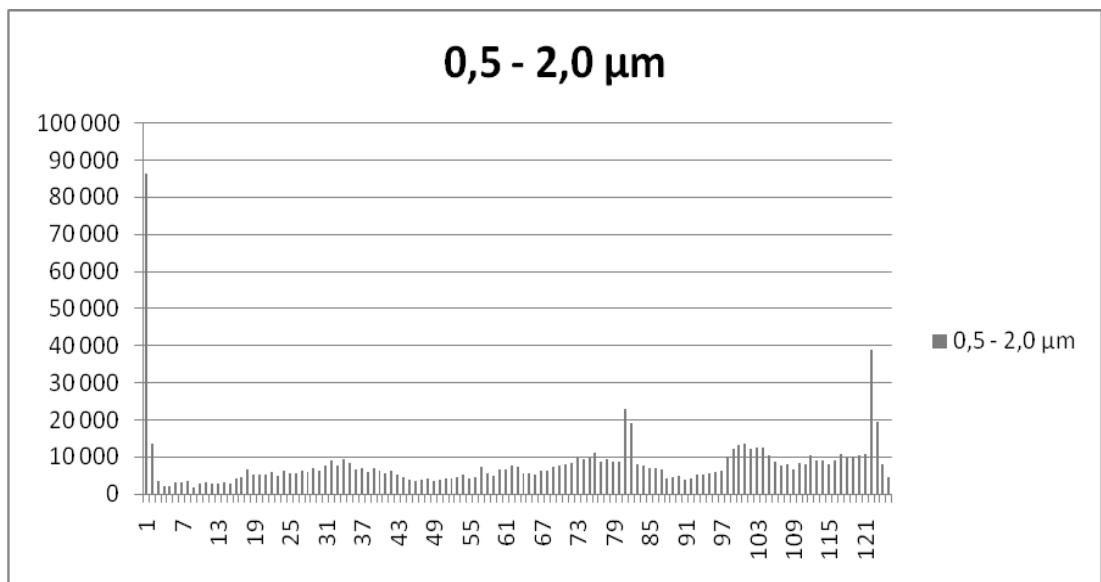
Huoneen 145 hiukkaspitoisuustulokset ovat jokseenkin vertailukelpoisia huoneessa 108 mittattujen tulosten kanssa, sillä erotuksella, että tilojen käyttö on erilaista. Huoneen 108 kuormitus on käyttäjämäärän suhteen huomattavasti suurempi kuin huoneen 145, joka on mitoitettu käyttäjämäärällisesti 1–2 henkilölle. Tulosten vertailussa kiinnitin kuitenkin huomiota uuden ja vanhan IV-laitteen toimintaan sekä onko rakentamisen aikaista pölyä mahdollisesti päässyt kanavistoon, josta se nyt vapautuisi huoneilmaan.



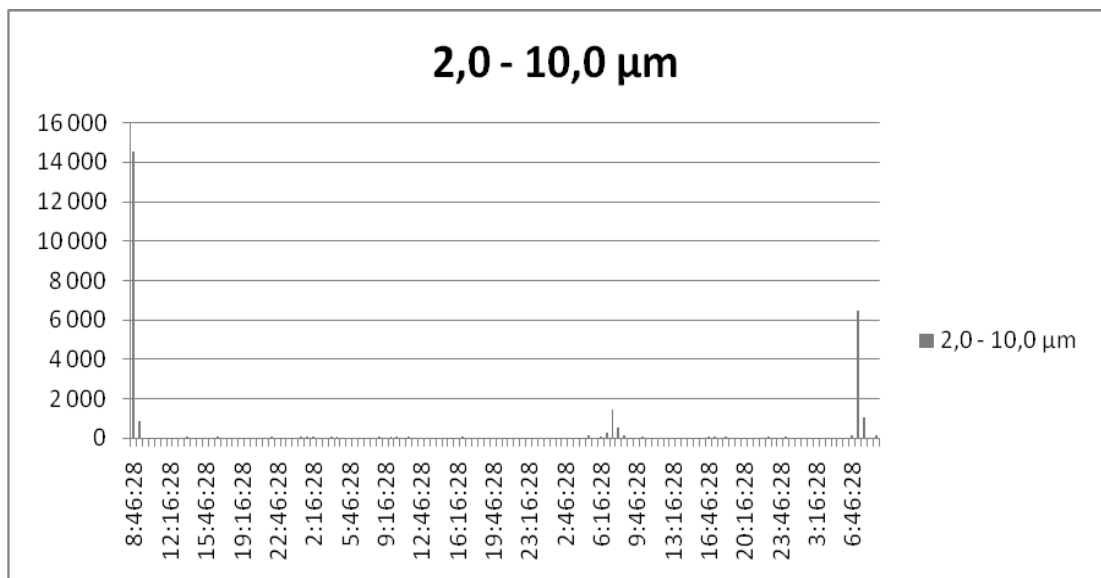
Kuva 14. Hiukkasmittaus 0,0–0,5 µm, huone 145

Hiukkasmäärät kokoluokkajakaumassa 0,0–0,5 µm ovat ensimmäisen mittausvuorokauden aikana suhteellisen alhaisia kohoten kuitenkin hieman yön aikana aamua kohti. Seuraavan vuorokauden aikana voidaan huomata jo selkeä hiukkaspitoisuuksien kasvu rakennuksen käyttöajanjakson aikana. Iltaa ja yötä kohden pitoisuudet jälleen laskevat.

Mittaustulokset kokoluokkajakaumassa 0,5–2,0 µm osoittivat hiukkaspitoisuuksien olevat huomattavasti edellistä kokoluokkajakaumaa pienemmät. Ilmanvaihdolla on pystytty poistamaan hiukkasia tehokkaasti (ks. kuva 15).



Kuva 15. Hiukkasmittaus 0,5–2,0 µm, huone 145



Kuva 16. Hiukkasmittaus 2,0–10,0 µm, huone 145

Kokoluokkajakauman 2,0 – 10 µm hiukkasia huoneessa ei esiinny juuri lainkaan. Kuvissa 13–16 esitettyjä mittaustuloksia voidaan pitää siis varsin positiivisina tarkasteltaessa rakennuspölyn määrää uusissa tiloissa. Pölypitoisuudet olivat alhaisia, ja rakennuspölyjämiä ei näyttäisi olevan mittaustuloksista päätellen kanavissa.

## 9 YHTEENVETO

Rakentamisen aikainen pölynhallinta on kokonaisuus, joka muodostuu useasta eri tekijästä, ja sen onnistuneeseen läpivientiin on rakennusprojektin erivaiheiden ja osatekijöiden kokonaisuuden hallinnalla merkitystä. Kaikkien osapuolien sitoutuminen ja pölynhallinnan huomioinnottaminen rakennusprojektin jokaisessa vaiheessa ovat tekijöitä, jotka vaikuttavat pölynhallinnan onnistumiseen.

Työn ja työtapojen suunnittelu sekä toteutus, resurssien oikea mitoitus ja kohdentaminen, suojausten ja pölynhallintalaitteiden oikea käyttö sekä työmaajohdon jatkuva valvonta ja ohjaus ovat konkreettisia toimenpiteitä, joilla pölynhallinta tapahtuu työmaalla. Myös rakennussiivous on yksi merkittävä osatekijä. Tehtävä ei ole helppo, sillä rakennustyömaolosuhteita korjausrakentamisessa ei pystytä ennalta suunnittelemaan koskaan aivan tarkasti. Esimerkiksi purkutyön yhteydessä saattaa ilmetä ennalta arvaamattomia tekijöitä huolellisesta pohjatyöstä huolimatta, ja niiden olemassa olo saattaa muuttaa hyvinkin pienellä aikavälillä aiemmin laadittuja suunnitelmia. Tällöin myös pölynhallintasuunnitelmaa joudutaan useasti muuttamaan ja kohdentamaan uudelleen.

Huolellisella ja laaja-alaisella pölynhallintasuunnitelmalla pystytään osittain varautumaan näihin yllättäviin tekijöihin, mutta kaikkeen ei voida eikä kannata varautua jo kustannuksellistakaan syistä. Rakennuspölynhallinnalle on asetettava realistiset tavoitteet, ja sen onnistuneeseen läpiviemiseen on pyrittävä, mutta rakennusprojekti on laaja-alainen kokonaisuus, jossa laadukkaaseen ja onnistuneeseen lopputulokseen vaikuttavia tekijöitä on muitakin, ja näiden kaikkien osa-alueiden optimointi on haasteellinen kokonaisuus.

Case-työmaakohteessa rakennuspölynhallinta oli huomioitu, osastoimalla rakennustyömaa-alue käyttäjän hallinnassa olevista tiloista, merkitsemällä rakennustyömaa-alue kulkua rajoittavin opastein ja käyttämällä osastoidulla alueella alipaineistuslaitteita. Rakennustoissa pyrittiin noudattamaan P1 luokan työmenetelmiä. Rakennusaikaiseen siivoukseen, materiaalien oikeaan suojaukseen ja varastointiin sekä kulkemiseen työmaa-alueelle oli kiinnitetty huomiota. Parantamisen varaa pölynhallinta toimenpiteissä kuitenkin myös esiintyi.

Tilan alipaineistus osastoidulla työmaa-alueella, joka muodostui useasta erillisestä huoneesta, olisi vaatinut yhden alipaineistuslaitteen sijasta useamman laiteyksikön, mikäli tilakokonaisuuden alipaineistusta olisi haluttu tehostaa. Tarkasteltaessa kuitenkin rakennus-



työmaan rakennustöiden pölyäväisyyttä ja alipaineistuskapasiteetin tuomaa lisähyötyä, voidaan todeta, että kokonaisresurssien optimoinnin kannalta useamman alipaineistuslaitteen asentaminen kyseisellä työmaa-alueelle ei olisi tuonut merkittävää lisähyötyä.

Rakennuspölynhallinnan kehittämisalueiksi näkisin henkilöstön kouluttamisen sisäilmas-  
toasioissa. Mitkä tekijät vaikuttavat sisäilmaston laatuun ja millaisia rakennusmenetelmiä  
ja miksi niitä tulisi käyttää, jotta saavutetaan hyvä sisäilmasto. Muita kehittämisalueita  
ovat eri rakennustyövaiheiden ja rakennussiivouksen yhteensovittamisen parantaminen,  
sekä ympäristön suojauksen tehostaminen pölyävien purku- ja rakennustöiden aikana.

Syy minkä vuoksi rakennuspölynhallintaa kannattaa kehittää ja miksi se tulisi ottaa vah-  
vemmin osaksi rakennusprosessia, pyrittäessä laadukkaaseen rakentamisen lopputulok-  
seen ovat sen tuomat edut. Edut ovat sekä heti havaittavissa olevia että pidemmällä aika-  
jaksolla vaikuttavia. Heti havaittavat edut ilmenevät muun muassa työmaan ympäristön  
viihtyvyyden ja työturvallisuuden kasvuna. Työmaa, missä pölynhallinta on näkyvä osa  
rakennustoimintaa, saadaan myös asiakaskunnalle ja käyttäjille luotua positiivinen mieli-  
kuva rakentamisesta.

Pidemmällä ajanjaksolla saavutettavia etuja ovat rakennuksen hyvät sisäilmasto-  
olosuhteet. Hyvä ja terveellinen sisäilmasto vaikuttaa taas työtehokkuuteen ja rakennuk-  
sen käyttäjän terveyteen. Hyvin tehtyä rakennusta on miellyttävä ja turvallinen käyttää.

Rakennustyön ja siivouksen paremmalla yhteensovittamisella voidaan saavuttaa kustan-  
nussäästöjä, mikäli työvaiheet aikataulutetaan niin, että loppusiivous suoritetaan kohtees-  
sa vasta pölyä aiheuttavien töiden päätyttyä. Näin meneteltäessä säästytään kustannuksil-  
ta, mitkä muodostuisivat uudelleen siivoamisesta.

Itse opin opinnäytetyötä tehdessäni ja aihealueeseen perehtyessäni näkemään rakennuspö-  
lynhallinnan laaja-alaiset ja pitkäkantoiset vaikutukset ja ymmärtämään, kuinka tärkeä osa  
se on nykypäivän laadukasta rakentamista. Asenteiden muuttaminen, tiedon siirtäminen  
käytännön rakennustyöhön ja pölynhallinnan jalkauttaminen rakennustyömaatasolle on  
haaste, joka tulee rakentamisessa esiin lähitulevaisuudessa yhä enemmän. Koen tämän  
opinnäytetyön tehtyäni olevani valmiimpi näihin haasteisiin ja omaavani taitoja joiden  
avulla voin kehittää omaa osaamistani kasvussani rakentamisen ammattilaiseksi.

## LÄHTEET

- 1 Valtion ympäristöhallinto. 2011. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/rakentamismaaraykset> [05.04.2011]
- 2 Finlex. 2010. Rakennuslaki. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738> [05.04.2011]
- 3 Sisäilmastoluokitus 2008. Saatavissa: <http://www.sisailmayhdistys.fi/attachments/kehityshankkeet/sisailmastoluokitus2008-esittely.pdf> [07.04.2011]
- 4 Korjaustieto. 2011. Saatavissa: <http://www.korjaustieto.fi/taloyhtiöt/kosteus- ja-homevauriot-sisailma-terveydelle-vaaralliset-aineet/sisailman-laatu/sisailmastoluokitus-korjausrakentamisessa.html> [07.04.2011]
- 5 Sisäilmaston tekniset tavoitearvot. 2009. Saatavissa: [http://www.sisailmayhdistys.fi/attachments/sem2009/sisailmastoluokitus\\_2008.pdf](http://www.sisailmayhdistys.fi/attachments/sem2009/sisailmastoluokitus_2008.pdf) [11.04.2011]
- 6 Järvinen, L. 2010. Rakennushankkeiden loppusiivouksen onnistuminen. Opinnäytetyö. Mikkelin ammattikorkeakoulu, Palveluliiketoiminta.
- 7 Sisäilmastoluokitus 2008. Sisäilmaston tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Sisäilmastoyhdistys julkaisu 5. Rauma: Painorauma Oy.
- 8 Rakennustieto 1995. RT- 07-10564. Rakennuksen sisäilmasto. Tilaaja Rakennustietosäätiö.
- 9 Asikainen, V. Palonen, J. & Pasanen, P. 2009. Pölyisyyden ja pölyaltistumisen vähentäminen uudisrakentamisessa. Sisäilmastoseminaari 2009. Sisäilmastoyhdistys ry. Sisäilmastoraportti 27. Sisäilmatieto Oy. Loimaa: Priimuspaino Oy.
- 10 Tarja Anderson. 2004. Rakennussiivous. Työn aikainen siivous ja loppusiivous osana rakentamisen puhtauden hallintaa 2004. Suomen siivousteknisen liiton julkaisuja 2:10. Mikkeli: AO-paino.
- 11 Työterveyslaitos. 2010. Turvapakki. Saatavissa: [http://www.ttl.fi/fi/toimialat/rakennus/turvapakki/vaaralliset\\_aineet/polyt](http://www.ttl.fi/fi/toimialat/rakennus/turvapakki/vaaralliset_aineet/polyt) [02.05.2011]
- 12 Purkutöiden suunnittelu. 2009. Ratu 1221-S.
- 13 Tavanomaiset purkutyöt. 2000. Vaaralliset aineet – käsittely ja suojaus. Ratu 82- 0240.
- 14 Tutkimustietoa. 2011. Saatavissa: <http://www.tsr.fi/tutkimustietoa/tata-on-tutkittu/hanke/?h=107051&n=kuvaus> [05.05.2011]
- 15 Suunnitteluohje työmaatekniikka. 2005. Ratu 1214-S.
- 16 Työmaatekniikka. 2005. Työmaan aputyöt ja huolto. Ratu 1214-S. 2005.

- 17 Puukka, J. 2009. Rakennustyömaan jätehuolto ja korjausrakennustyömaan erityispiirteet jätehuollossa. Opinnäytetyö. Tampereen Ammattikorkeakoulu, Rakennustekniikan koulutusohjelma. Rakennustuotanto.
- 18 Pesonen-Leinonen, E.2003. Sisäympäristön pintojen puhdistuvuus. Helsinki: Yliopistopaino
- 19 D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2010. Saatavissa:  
[http://www.finlex.fi/data/normit/34164-D2\\_suomi\\_22-12-2008.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/34164-D2_suomi_22-12-2008.pdf).
- 20 Lapinlampi, T. Luentomateriaali 18.9.2008. Sisäilmamittaukset epäpuhtauslähteiden jäljillä. Siivous ja sisäilma- koulutuspäivä. Helsinki.
- 21 Hämäläinen, A. Luentomateriaali 10.9.2009. Sisäilmapäivät. Kotkan höyrypanimo.

## OHJEARVOT Sisäilmastoluokitus 2008

Sisäilmastoluokituksessa 2008 on raja-arvot määritetty alla olevan taulukon mukaisesti. Arvoja käytetään kohteen mittaustulosten viitearvoina.

Pölymittaukset tehdään pintapölymittauksena. Alla oleva prosentti kertoo pinnalla olevan pölyn määrän.

Ennen ilmanvaihdon toimintakokeita	Sallittu %
Alakaton yläpuoli	5,00
Pinnat yli 1800 mm	5,00
Pinnat alle 1800 mm (pois lukien lattiat)	5,00

Ennen rakennuksen luovutusta	Sallittu %
Pinnat yli 1800 mm	1,00
Pinnat alle 1800 mm (pois lukien lattiat)	1,00
Lattiat	3,00

Karhulan mielenterveystoimisto  
I-vaihe  
Mittaukset suoritettu 2-3 vrk  
loppusiivouksen jälkeen

**Huone 144**

Mittaus	nro.	Tulos %	Korkeus mm	Muuta huomioitavaa
lattia	1	3,8	0	
lattia	2	2,1	0	
työpöydän päältä	3	1,7	730	
ikkunalauta	4	2,9	975	
seinä	5	2,2	1400	maalattu seinäpinta, hieman karheaa
Kaapin päällä	6	1,1	2100	linoleum lattia
lampun päällinen	7	1,3	1780	
	Keskiarvo	2,2		

**Huone 139**

Mittaus	nro.	Tulos %	Korkeus mm	Muuta huomioitavaa
lattia	1	2,9	0	linoleum lattia
lattia	2	2,3	0	
työpöydän päältä	3	2,7	730	
ikkunalauta	4	2,3	975	
seinä	5	1,5	1400	Tasoitettu seinä, maalattu
Kaapin päällä	6	2,9	2100	Huoneen vaatekaapin päältä
lampun päällinen	7	0,6	2070	
	Keskiarvo	2,2		

**Käytävä**

Mittaus	nro.	Tulos %	Korkeus mm	Muuta huomioitavaa
Käytävän lattia	1	4,1	0	Lattia käytävän nurkassa
Käytävän seinä	2	3,1	300	Tasoitettu kiviseinä, maalattu, matta
Käytävän seinä	3	2,7	1400	Tiiliseinä, maalattu, matta
Käytävän katto	4	4,6	2740	Katto, maalattu pinta
	Keskiarvo	3,6		Maalista jää kuvio geelipeippiin, mittaus tulosta ei voida pitää luotettavana!!

**Mittaukset suoritettu rakennustöiden päätyttyä, ennen toimintakokeita****Huone 128**

Mittaus	nro.	Tulos	Korkeus mm	Muuta huomioitavaa
lattia	1	1	0	suojauskset poistettu
lattia	2	0	0	
työpöydän päältä	3	1,1	730	
ikkunalauta	4	4,2	230	
seinä	5	1,4	1400	
Kaapin päällä	6	1,9	2100	
lampun päällinen	7	2,9	2700	
	Keskiarvo	1,8		

**Huone 129**

Mittaus	nro.	Tulos %	Korkeus mm	Muuta huomioitavaa
lattia	1	1,7	0	suojauskset poistettu
lattia	2	0,7	0	
työpöydän päältä	3	0,8	730	
ikkunalauta	4	0,6	975	
seinä	5	2,7	1400	
Kaapin päällä	6	3,1	2100	
Kaapin hyllyltä	7	2,9	1520	
	Keskiarvo	1,8		

**Huone 131**

Mittaus	nro.	Tulos %	Korkeus mm	Muuta huomioitavaa
lattia	1	1,8	0	suojauskset poistettu
lattia	2	1,3	0	
työpöydän päältä	3	0,7	730	
ikkunalauta	4	2,7	975	
seinä	5	1,0	1400	
Kaapin päällä	6	2,0	2100	
Lampun päältä	7	1,5	2005	
	Keskiarvo	1,6		

**Huone 132**

Mittaus	nro.	Tulos %	Korkeus mm	Muuta huomioitavaa
lattia	1	2,9	0	suojauskset poistettu
lattia	2	2,7	0	
työpöydän päältä	3	2,5	730	
ikkunalauta	4	1,0	975	
seinä	5	2,1	1400	
Kaapin päällä	6	1,3	2100	
Lampun päältä	7	0,3	1920	
	Keskiarvo			

**Huone 134**

Mittaus	nro.	Tulos %	Korkeus mm	Muuta huomioitavaa
lattia	1	10,1	0	suojauskset poistettu
lattia	2	3,7	0	
työpöydän päältä	3	2,8	730	
ikkunalauta	4	3,8	975	
seinä	5	3,2	1400	
Kaapin päällä	6	0,1	2100	
Lampun päältä	7	2,3	1780	
	Keskiarvo	3,7		

II-Vaiheen tilat. Tilassa rakennustyöt käynnissä, ei alipaineistajaa

Päivä	Aika	Näyte nro	Particle Cut Point					
			0.30	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00
1.12.2009	9:59:00	1	34975524	15737307	6827294	7440927	2338393	514742
1.12.2009	10:34:00	2	37122724	17565338	6669182	6660990	1700365	246551
1.12.2009	11:09:00	3	44678500	19165870	7301740	6311991	1390807	168550
1.12.2009	11:44:00	4	36025552	10551300	3288378	2464515	368874	24907
1.12.2009	12:19:00	5	32159412	13368560	5715161	6450578	1974246	474604
1.12.2009	12:54:00	6	26116934	8932320	3747292	3844389	941589	149140
1.12.2009	13:29:00	7	23669514	6899234	2790145	2690830	548458	68283
1.12.2009	14:04:00	8	21875216	5463869	2134357	1958982	402535	51572
1.12.2009	14:39:00	9	27053870	11990050	5566273	5320312	1228956	155273
1.12.2009	15:14:00	10	25913030	10672676	4741410	4456517	842037	83264
1.12.2009	15:49:00	11	23829668	8413938	3518827	3054300	473845	27885
1.12.2009	16:24:00	12	21830456	5788101	2179163	1573726	181284	6292
1.12.2009	16:59:00	13	20194538	3986162	1358879	806216	65966	988
1.12.2009	17:34:00	14	18351568	2749505	749202	408212	24765	353
1.12.2009	18:09:00	15	16440477	1901142	457023	201817	8344	70
1.12.2009	18:44:00	16	14831169	1428025	271358	106352	3674	0
1.12.2009	19:19:00	17	13112782	1059344	166952	53461	1412	0
1.12.2009	19:54:00	18	11853145	818762	104670	29491	424	0
1.12.2009	20:29:00	19	10980209	679982	63814	16890	565	70
1.12.2009	21:04:00	20	10250697	575120	40503	11117	212	70
1.12.2009	21:39:00	21	9327857	490619	31030	5301	282	0
1.12.2009	22:14:00	22	8165831	425717	21508	3113	212	0
1.12.2009	22:49:00	23	6796683	346035	15343	2616	141	0
1.12.2009	23:24:00	24	5504955	275322	12035	2053	141	0
1.12.2009	23:59:00	25	4321433	213652	9476	2121	212	0
2.12.2009	0:34:00	26	3315214	176031	8851	2195	70	0
2.12.2009	1:09:00	27	2545972	136075	5870	848	141	0
2.12.2009	1:44:00	28	1970115	110083	6080	848	0	0
2.12.2009	2:19:00	29	1507241	97838	5372	1131	70	0
2.12.2009	2:54:00	30	1205778	82075	6074	1624	141	0
2.12.2009	3:29:00	31	1020358	81747	5940	1131	70	0
2.12.2009	4:04:00	32	898091	80627	4955	1274	70	0
2.12.2009	4:39:00	33	814489	76296	8351	1132	70	0
2.12.2009	5:14:00	34	775924	78992	5445	1131	0	0
2.12.2009	5:49:00	35	775411	71924	6711	1059	70	0
2.12.2009	6:24:00	36	777926	75461	5935	1201	141	0
2.12.2009	6:59:00	37	754642	82756	5658	2263	353	0
2.12.2009	7:34:00	38	1707798	1650365	951684	1175619	308245	45692
2.12.2009	8:09:00	39	2543180	2669841	1491392	1695194	372636	46341
2.12.2009	8:44:00	40	4852846	4778800	2580740	3004863	753337	111034
2.12.2009	9:19:00	41	5603619	4936324	2529569	2681865	532361	47694
2.12.2009	9:54:00	42	6624653	5336288	2672736	2655216	527652	68384
2.12.2009	10:29:00	43	9046677	6518145	3115633	2977948	591621	72725
2.12.2009	11:04:00	44	10790529	7133571	3363472	3170900	613403	74131

2.12.2009	11:39:00	45	11390074	6648400	3003359	2591132	383934	26807
2.12.2009	12:14:00	46	17320128	13530827	6787525	8077635	2479198	490626
2.12.2009	12:49:00	47	28207606	35048624	21353136	31327108	11197323	2196555
2.12.2009	13:24:00	48	27865256	33407128	19704338	22700624	5192701	478548
2.12.2009	13:59:00	49	29298880	37662224	21257826	24497778	5691134	897938
2.12.2009	14:34:00	50	42336688	48697416	26596274	31419316	7425777	850963
2.12.2009	15:09:00	51	48359076	41939476	19659094	19210784	3499104	308112
2.12.2009	15:44:00	52	37251740	28581246	12407231	10029249	1240560	55421
2.12.2009	16:19:00	53	29823932	19743724	7875432	5394582	475017	10321
2.12.2009	16:54:00	54	24092426	13239584	4877033	2822670	176593	3114
2.12.2009	17:29:00	55	19929228	8862770	2963826	1471483	71841	353
2.12.2009	18:04:00	56	17316178	6047272	1849846	794419	27608	353
2.12.2009	18:39:00	57	15404411	4179618	1153459	436557	13029	70
2.12.2009	19:14:00	58	15235703	3057632	724088	239897	5954	70
2.12.2009	19:49:00	59	17867014	2424633	458387	138491	3534	141
2.12.2009	20:24:00	60	22803380	2094096	308150	80433	1414	0
2.12.2009	20:59:00	61	27634706	1927066	213623	49803	847	0
2.12.2009	21:34:00	62	30888938	1852718	142707	34546	989	0
2.12.2009	22:09:00	63	32346164	1763969	98978	23932	776	70
2.12.2009	22:44:00	64	32060458	1625543	77083	16901	353	0
2.12.2009	23:19:00	65	29876996	1493499	63066	13165	778	0
2.12.2009	23:54:00	66	26151510	1294090	46845	8337	211	0
2.12.2009	0:29:00	67	22059390	1085757	37486	6789	70	0
2.12.2009	1:04:00	68	17752928	907458	30420	4598	70	0
2.12.2009	1:39:00	69	14252610	737377	24965	3324	141	0
2.12.2009	2:14:00	70	11416155	611079	20157	2475	70	0
2.12.2009	2:49:00	71	9132368	515549	17909	2123	0	0
2.12.2009	3:24:00	72	7446195	439271	17109	2403	141	0
2.12.2009	3:59:00	73	5981969	366443	13868	1698	0	0
2.12.2009	4:34:00	74	4948515	325416	13936	1414	212	0
2.12.2009	5:09:00	75	4161862	290902	15143	1344	0	70
2.12.2009	5:44:00	76	3544399	269482	12576	1766	70	0
2.12.2009	6:19:00	77	3087800	259067	15064	1697	70	0
2.12.2009	6:54:00	78	2773118	259268	16261	2333	141	0
2.12.2009	7:29:00	79	3408562	1611055	849560	1134750	324981	55129
2.12.2009	8:04:00	80	6824981	6087164	3116459	3653882	934888	173674
2.12.2009	8:39:00	81	7556363	7515432	3957630	4385098	950863	106672
2.12.2009	9:14:00	82	7226233	7087995	3569016	3422015	574647	47492
2.12.2009	9:49:00	83	6983332	6684477	3307195	3062317	535326	74819
2.12.2009	10:24:00	84	16248160	12085005	5839777	6612057	1680229	277350
2.12.2009	10:59:00	85	22000848	16800776	7526116	7368410	1502906	163073
2.12.2009	11:34:00	86	15167599	10835231	4528939	3699926	511695	23342
2.12.2009	12:09:00	87	36953020	24996814	8606085	7044190	1682698	228594
2.12.2009	12:44:00	88	32767130	27123764	12344051	15332604	5035651	1153400
2.12.2009	13:19:00	89	20065950	14306474	6005217	5756647	1185429	117885
2.12.2009	13:54:00	90	15651812	9547085	3826342	3275429	507926	38532
2.12.2009	14:29:00	91	14942430	8262946	3503925	3536401	808287	147804



2.12.2009	15:04:00	92	12843192	6658155	2715268	2436219	436425	48358
2.12.2009	15:39:00	93	10451794	5053545	1974844	1625331	244821	18674
2.12.2009	16:14:00	94	8694206	3512317	1266314	858817	87790	3675
2.12.2009	16:49:00	95	7400872	2509301	784399	455220	31970	1060
2.12.2009	17:24:00	96	6276663	1775389	491991	243482	12036	354
2.12.2009	17:59:00	97	5390000	1291658	315083	136728	5926	70
2.12.2009	18:34:00	98	4589821	947467	204584	71636	2616	70
2.12.2009	19:09:00	99	3999328	721302	132328	40645	1201	70
2.12.2009	19:44:00	100	3570112	540576	90721	22927	707	0
2.12.2009	20:19:00	101	3177984	427029	63538	18588	353	0
2.12.2009	20:54:00	102	2923748	370590	41184	8053	282	0
2.12.2009	21:29:00	103	2710104	313995	30890	7068	282	0
2.12.2009	22:04:00	104	2597738	286774	24906	3750	70	0
2.12.2009	22:39:00	105	2627639	263279	22593	4236	282	0
2.12.2009	23:14:00	106	2681420	272273	19665	2405	70	0
2.12.2009	23:49:00	107	2624278	249685	18162	2685	70	0
3.12.2009	0:24:00	108	2563272	236581	14008	1414	70	0
3.12.2009	0:59:00	109	2442119	213801	14225	990	70	0
3.12.2009	1:34:00	110	2312737	207383	10107	848	70	0
3.12.2009	2:09:00	111	2291799	185552	9471	706	70	0
3.12.2009	2:44:00	112	2245601	167643	10685	707	0	0
3.12.2009	3:19:00	113	2225141	157979	10668	1554	141	0
3.12.2009	3:54:00	114	2219717	152466	9692	1202	212	0
3.12.2009	4:29:00	115	2319220	149877	8342	636	70	0
3.12.2009	5:04:00	116	2447425	147741	10037	494	0	0
3.12.2009	5:39:00	117	2548464	149522	9760	848	0	0
3.12.2009	6:14:00	118	2677184	150450	10898	919	0	0
3.12.2009	6:49:00	119	2756428	151697	9825	1837	141	70
3.12.2009	7:24:00	120	3563648	1107424	518937	583539	150832	25162
3.12.2009	7:59:00	121	4031596	1515702	764765	927030	258496	50443
3.12.2009	8:34:00	122	5080168	2299776	1134849	1232003	254322	30854
3.12.2009	9:09:00	123	6967665	3839301	1696938	1497573	246977	22497
3.12.2009	9:44:00	124	7248087	3781303	1619275	1402994	249097	31685
3.12.2009	10:19:00	125	7696464	4349256	1972054	1814748	353301	47531
Keskiarvo			12839377	5615687	2475432	2514853	581297,2	85171,89

II-Vaiheen tilat. Rakennustyöt käynnissä, tilassa alipaineistaja.

Päivä	Aika	Näyte nro	Particle Cut Point					
			0.30	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00
8.12.2009	9:10:57	1	40253880	26432928	10288172	8497273	1746690	179167
8.12.2009	9:45:57	2	77555232	70621016	28998374	28262894	9610624	3307923
8.12.2009	10:20:57	3	71600328	74222688	36738992	41081264	16557654	6890471
8.12.2009	10:55:57	4	48505708	30390224	12223185	10958692	2695552	424282
8.12.2009	11:30:57	5	40846888	16044457	5449055	3880559	589699	40644
8.12.2009	12:05:57	6	39903360	17324836	6384583	5476630	1395399	287547
8.12.2009	12:40:57	7	63541056	47411140	19132348	18328896	5314175	1035685
8.12.2009	13:15:57	8	38173440	17913826	6604064	5373159	1052882	116516
8.12.2009	13:50:57	9	31812252	11515145	3993326	3097831	552565	63039
8.12.2009	14:25:57	10	27617996	8290655	3050447	2907176	772873	192229
8.12.2009	15:00:57	11	27167388	6419429	2201974	2092214	487410	114356
8.12.2009	15:35:57	12	27499650	5229594	1635985	1435464	272852	33160
8.12.2009	16:10:57	13	27959100	4155036	981171	717507	93145	5587
8.12.2009	16:45:57	14	26414858	3371338	641028	355718	31952	1060
8.12.2009	17:20:57	15	25697036	2900039	428144	205478	13509	282
8.12.2009	17:55:57	16	25240310	2595997	303250	116204	8492	70
8.12.2009	18:30:57	17	24872682	2341336	212559	76798	5025	0
8.12.2009	19:05:57	18	24924228	2198799	166519	51432	5298	0
8.12.2009	19:40:57	19	25453050	2126603	125714	46293	3326	283
8.12.2009	20:15:57	20	26185832	2113032	109436	31833	2758	141
8.12.2009	20:50:57	21	26662246	2089610	94750	27172	1910	212
8.12.2009	21:25:57	22	27415136	2053500	82337	21768	2402	141
8.12.2009	22:00:57	23	27345528	2018603	70988	18684	1415	70
8.12.2009	22:35:57	24	27019990	1929903	64820	15339	1130	141
8.12.2009	23:10:57	25	26349030	1848347	59665	15764	1696	212
8.12.2009	23:45:57	26	25658136	1769782	59546	13790	777	70
9.12.2009	0:20:57	27	25019470	1661113	55240	12590	1414	70
9.12.2009	0:55:57	28	24543368	1605035	51729	12242	1273	0
9.12.2009	1:30:57	29	23875692	1535904	47650	11240	1343	0
9.12.2009	2:05:57	30	23628004	1551463	48611	10189	1202	141
9.12.2009	2:40:57	31	23469592	1497732	46373	10532	848	0
9.12.2009	3:15:57	32	22967622	1456083	43060	8555	353	0
9.12.2009	3:50:57	33	22449400	1383951	39988	8280	353	70
9.12.2009	4:25:57	34	21854018	1331205	34193	6287	353	0
9.12.2009	5:00:57	35	20981132	1263317	31825	4879	212	0
9.12.2009	5:35:57	36	20512652	1199985	31144	7149	353	0
9.12.2009	6:10:57	37	19918920	1169691	28787	7214	707	0
9.12.2009	6:45:57	38	19017380	1112421	28853	7142	1060	212
9.12.2009	7:20:57	39	18874888	2174995	744982	1078070	381812	92787
9.12.2009	7:55:57	40	25080308	6168243	2529242	2974814	884004	213597
9.12.2009	8:30:57	41	23016610	4622691	1720643	1786104	387109	50191
9.12.2009	9:05:57	42	22029434	3607469	1170532	1098063	219245	27007
9.12.2009	9:40:57	43	20876676	2739546	796638	722314	146315	25812

9.12.2009	10:15:57	44	23344768	3285103	918969	834378	209991	46397
9.12.2009	12:00:57	47	21503292	4384483	1610300	1344627	203727	21497
9.12.2009	12:35:57	48	21763322	6929114	3465900	4550164	1542638	423103
9.12.2009	13:10:57	49	28097348	7298040	3244421	3638132	875439	116437
9.12.2009	13:45:57	50	25067370	7133684	2880640	2612718	464535	75903
9.12.2009	14:20:57	51	22922698	5396633	1961010	1688573	354316	115324
9.12.2009	14:55:57	52	24735622	6682085	2398630	1968043	363842	54300
9.12.2009	15:30:57	53	22487876	4771172	1620451	1282251	225490	24222
9.12.2009	16:05:57	54	21140400	3440857	998562	682167	85050	5227
9.12.2009	16:40:57	55	20474422	2754020	682598	427101	49019	3961
9.12.2009	17:15:57	56	19487452	2198701	468991	250742	25343	1274
9.12.2009	17:50:57	57	19287504	1853480	308878	151502	10048	212
9.12.2009	18:25:57	58	18942224	1670905	254773	129118	16890	1201
9.12.2009	19:00:57	59	19046922	1524359	178313	78056	9262	494
9.12.2009	19:35:57	60	19289950	1427878	125480	47311	3036	353
9.12.2009	20:10:57	61	19653888	1398144	90408	27235	1839	141
9.12.2009	20:45:57	62	20278124	1436267	83099	17837	1132	0
9.12.2009	21:20:57	63	20693500	1441320	70411	14138	565	70
9.12.2009	21:55:57	64	20522574	1423071	59801	10744	353	0
9.12.2009	22:30:57	65	20265954	1392811	52397	10182	141	0
9.12.2009	23:05:57	66	20079274	1354874	51327	8059	353	141
9.12.2009	23:40:57	67	19406992	1320060	51342	8769	424	0
10.12.2009	0:15:57	68	18662048	1266813	42642	6870	354	0
10.12.2009	0:50:57	69	17788282	1166258	37958	5230	565	0
10.12.2009	1:25:57	70	17185232	1092576	34963	3821	212	0
10.12.2009	2:00:57	71	16797812	1078068	30594	4804	353	0
10.12.2009	2:35:57	72	16393184	1010422	27694	4168	282	0
10.12.2009	3:10:57	73	16369655	1006173	25835	3680	283	0
10.12.2009	3:45:57	74	16479084	1016492	30299	4520	0	0
10.12.2009	4:20:57	75	16752809	1043878	23682	5655	848	0
10.12.2009	4:55:57	76	17587442	1123149	31074	6441	849	70
10.12.2009	5:30:57	77	18240700	1168132	33743	6154	353	0
10.12.2009	6:05:57	78	18993350	1238940	35991	6563	776	70
10.12.2009	6:40:57	79	19549454	1284115	38363	6582	637	0
10.12.2009	7:15:57	80	19591208	1324344	89175	99915	37309	9115
10.12.2009	7:50:57	81	19576232	2251205	681293	952041	367509	121677
10.12.2009	8:25:57	82	24189654	7044452	3012289	3818270	1269789	344148
10.12.2009	9:00:57	83	25740988	6630269	2541266	2786661	680970	112057
10.12.2009	9:35:57	84	22790800	4176538	1524151	1762549	510975	160984
10.12.2009	10:10:57	85	25697926	3934968	1496643	1984535	646654	181332
10.12.2009	10:45:57	86	24150372	3611324	1244715	1407300	327787	58015
10.12.2009	11:20:57	87	24385480	3466775	1054216	994976	161865	12527
10.12.2009	11:55:57	88	27688786	9086335	4775664	7656916	3524225	1482027
10.12.2009	12:30:57	89	26896000	8694997	4760719	6807387	2058490	347989
10.12.2009	13:05:57	90	39780500	21724470	11790442	18647974	7492876	2332021
10.12.2009	13:40:57	91	36108040	13517417	6726861	8478445	2052007	265462

10.12.2009	14:15:57	92	40363668	11599987	4787759	5569572	1326805	175512
10.12.2009	14:50:57	93	39425208	8341796	2663636	2688442	529617	62191
10.12.2009	15:25:57	94	35879848	7785035	2281154	1995498	349213	40111
10.12.2009	16:00:57	95	33707516	5958010	1409034	1018857	116317	5161
10.12.2009	16:35:57	96	32911790	4689090	751917	461814	42839	991
10.12.2009	17:10:57	97	31789422	3899934	434890	218010	14784	424
10.12.2009	17:45:57	98	30417492	3404973	278227	116641	7360	141
10.12.2009	18:20:57	99	29491160	3126859	189448	61569	2830	141
10.12.2009	18:55:57	100	28693416	2960360	138110	42598	1271	0
10.12.2009	19:30:57	101	28586580	2846932	110327	24399	707	0
10.12.2009	20:05:57	102	28207306	2810399	82350	15082	849	70
10.12.2009	20:40:57	103	27937842	2753619	71556	12997	565	0
10.12.2009	21:15:57	104	27889708	2717398	62987	9554	353	0
10.12.2009	21:50:57	105	27262506	2589586	55758	5646	211	0
10.12.2009	22:25:57	106	26635496	2493216	52606	5225	70	0
10.12.2009	23:00:57	107	25771464	2351947	51497	4944	141	0
10.12.2009	23:35:57	108	24525246	2184991	48319	2900	212	0
11.12.2009	0:10:57	109	23808752	2077175	46624	3037	0	0
11.12.2009	0:45:57	110	23003004	2009649	45363	3467	0	0
11.12.2009	1:20:57	111	22579554	1952976	38421	1981	0	0
11.12.2009	1:55:57	112	22130674	1933149	39567	1625	70	0
11.12.2009	2:30:57	113	21612680	1950795	37987	1909	141	0
11.12.2009	3:05:57	114	21777834	2030839	37926	2122	70	0
11.12.2009	3:40:57	115	21447266	2013174	36000	2546	282	0
11.12.2009	4:15:57	116	21513206	1975825	37720	2123	70	0
11.12.2009	4:50:57	117	20886600	1845907	41180	3042	141	0
11.12.2009	5:25:57	118	20326684	1696014	39147	2760	70	0
11.12.2009	6:00:57	119	19913036	1614195	37328	3747	141	0
11.12.2009	6:35:57	120	19801112	1505743	35549	2827	353	0
11.12.2009	7:10:57	121	19895944	1563826	108167	137718	58113	34358
11.12.2009	7:45:57	122	20578464	3113365	997928	1284182	437371	119649
11.12.2009	8:20:57	123	20854338	2818356	842048	1056680	339945	97167
11.12.2009	8:55:57	124	25517194	4310067	1338958	1603000	470492	88721
11.12.2009	9:30:57	125	29287916	4543528	1229217	1262668	304740	57355

Keskiarvo	25762342	5600686	1889917	1946251	583660,8	162863,8
-----------	----------	---------	---------	---------	----------	----------

III-vaihe. Mittaus suoritettu ennen töiden aloitusta.

Päivä	Aika	Näyte nro	Particle Cut Point					
			0.30	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00
15.12.2009	12:45:01	1	19089850	1439642	178257	123294	30716	15998
15.12.2009	13:20:01	2	19351148	1624581	195560	123466	30582	7876
15.12.2009	13:55:01	3	18788066	1539015	140846	51468	8873	3052
15.12.2009	14:30:01	4	18930772	1508691	128385	41851	8001	2336
15.12.2009	15:05:01	5	15216290	1233845	115917	56432	12280	6175
15.12.2009	15:40:01	6	12513852	984060	94183	52592	9155	2200
15.12.2009	16:15:01	7	12275691	932665	70302	27596	4256	354
15.12.2009	16:50:01	8	12778689	962000	58808	14329	1915	212
15.12.2009	17:25:01	9	13024024	966326	50077	7671	923	0
15.12.2009	18:00:01	10	16588168	1200897	48186	11141	1135	0
15.12.2009	18:35:01	11	16028062	1143513	47947	11419	638	0
15.12.2009	19:10:01	12	16613051	1135354	53328	9006	709	0
15.12.2009	19:45:01	13	18952302	1138193	52032	9428	779	0
15.12.2009	20:20:01	14	22193348	1249679	60745	11567	1277	70
15.12.2009	20:55:01	15	25150446	1405799	66446	14324	850	70
15.12.2009	21:30:01	16	28122384	1515193	66742	13774	852	0
15.12.2009	22:05:01	17	26463036	1432086	59205	9299	212	0
15.12.2009	22:40:01	18	25326726	1335503	63504	11977	992	70
15.12.2009	23:15:01	19	23267460	1313635	60110	10361	283	0
15.12.2009	23:50:01	20	23021470	1275395	56050	10642	354	0
16.12.2009	0:25:01	21	22787642	1235977	51416	8604	497	0
16.12.2009	1:00:01	22	22882584	1259440	50187	6308	283	0
16.12.2009	1:35:01	23	22378880	1200777	43446	5740	0	0
16.12.2009	2:10:01	24	18954648	1002885	41402	5529	425	0
16.12.2009	2:45:01	25	15819418	836758	33578	4533	70	0
16.12.2009	3:20:01	26	13387220	745752	30990	3767	284	0
16.12.2009	3:55:01	27	11518858	679706	32397	3473	141	0
16.12.2009	4:30:01	28	10165366	618803	29058	5102	496	0
16.12.2009	5:05:01	29	9241061	570606	32940	3825	495	0
16.12.2009	5:40:01	30	8506515	516685	30927	5178	354	0
16.12.2009	6:15:01	31	7671811	495729	30300	6741	780	0
16.12.2009	6:50:01	32	7498479	490987	30557	6253	426	0
16.12.2009	7:25:01	33	9463863	697720	76909	56456	29187	12711
16.12.2009	8:00:01	34	29546586	1912302	152102	86226	28860	13543
16.12.2009	8:35:01	35	35741200	1923981	153424	64577	13908	2483
16.12.2009	9:10:01	36	44675584	2314146	217498	110734	27010	5600
16.12.2009	9:45:01	37	39933292	2317645	249362	173000	47078	11982
16.12.2009	10:20:01	38	50285040	2667739	296928	149103	31453	3408
16.12.2009	10:55:01	39	68450368	3987468	246679	112178	23388	2701
16.12.2009	11:30:01	40	62266720	3923362	284791	134732	29940	7236
16.12.2009	12:05:01	41	71554080	4312732	290123	134323	37638	11199
16.12.2009	12:40:01	42	63847532	3749640	236247	85895	19379	3833
16.12.2009	13:15:01	43	79404000	4155761	256297	106015	20890	6750

16.12.2009	13:50:01	44	74398184	4233162	245839	97357	17514	2410
16.12.2009	14:25:01	45	56850532	3399074	211866	105543	27218	8151
16.12.2009	15:00:01	46	44857548	2805255	187225	92619	20440	5322
16.12.2009	15:35:01	47	42701828	2662714	191116	92365	20927	3972
16.12.2009	16:10:01	48	27626542	1629762	116710	45746	5824	781
16.12.2009	16:45:01	49	22320674	1233840	83745	25385	3545	283
16.12.2009	17:20:01	50	22149212	1180408	66467	19132	2338	850
16.12.2009	17:55:01	51	23459378	1182738	57795	14058	1278	0
16.12.2009	18:30:01	52	21343322	960736	48843	8848	424	0
16.12.2009	19:05:01	53	19000916	814812	42955	7952	568	0
16.12.2009	19:40:01	54	16401244	708699	39954	7509	495	0
16.12.2009	20:15:01	55	15725143	725417	38815	7393	355	0
16.12.2009	20:50:01	56	14285549	665578	35731	3899	354	70
16.12.2009	21:25:01	57	12516153	588916	33682	4892	354	0
16.12.2009	22:00:01	58	10170907	485441	29442	2760	141	70
16.12.2009	22:35:01	59	9170752	483063	27759	2555	283	0
16.12.2009	23:10:01	60	8222446	460243	28101	2406	141	0
16.12.2009	23:45:01	61	7834501	477073	22889	2622	70	0
17.12.2009	0:20:01	62	7360669	434009	21963	1919	213	0
17.12.2009	0:55:01	63	7823919	438987	21860	1561	141	70
17.12.2009	1:30:01	64	8635079	503465	22004	1490	70	0
17.12.2009	2:05:01	65	9098207	558082	24603	2623	141	0
17.12.2009	2:40:01	66	9280295	620572	22965	1990	71	0
17.12.2009	3:15:01	67	8936414	628810	23542	2275	71	0
17.12.2009	3:50:01	68	8502129	616487	22761	1985	141	70
17.12.2009	4:25:01	69	8055316	605149	19660	1135	0	0
17.12.2009	5:00:01	70	8217793	601398	22721	1846	0	0
17.12.2009	5:35:01	71	8321385	599941	23685	2411	141	0
17.12.2009	6:10:01	72	8320910	579918	23807	2132	71	71
17.12.2009	6:45:01	73	7943445	544146	21158	1633	71	0
17.12.2009	7:20:01	74	8125124	559441	34969	14257	4397	1986
17.12.2009	7:55:01	75	8030170	592243	51891	38332	11570	5891
17.12.2009	8:30:01	76	18656058	1507178	103879	53789	13447	6118
17.12.2009	9:05:01	77	24447220	1881854	115970	46984	12207	6103
17.12.2009	9:40:01	78	16812668	1378559	125684	64544	12837	4326
17.12.2009	10:15:01	79	14334964	1182532	109442	68197	16569	5546
17.12.2009	10:50:01	80	12781681	1074918	116767	80473	18466	4190
17.12.2009	11:25:01	81	11570496	1049405	111065	69335	13554	4116
17.12.2009	12:00:01	82	16603664	1404735	113924	53382	10066	1205
17.12.2009	12:35:01	83	18538634	1475046	135190	63306	13256	3261
17.12.2009	13:10:01	84	19226162	1569309	126946	51629	9645	3687
17.12.2009	13:45:01	85	19157460	1650697	128336	40672	9014	2413
17.12.2009	14:20:01	86	18827278	1636336	153235	64942	13059	4897
17.12.2009	14:55:01	87	19423950	1650341	155945	69529	15679	6314
17.12.2009	15:30:01	88	19039308	1624895	164021	80521	18871	11634
17.12.2009	16:05:01	89	25558436	2248619	203367	80452	13065	2698

17.12.2009	16:40:01	90	24776048	2465368	270925	99653	14124	1206
17.12.2009	17:15:01	91	18358742	1769322	166891	48644	5239	141
17.12.2009	17:50:01	92	18880438	1493876	118902	26462	1489	141
17.12.2009	18:25:01	93	20747906	1389515	81042	17685	1917	0
17.12.2009	19:00:01	94	22714722	1288626	68031	12427	1278	142
17.12.2009	19:35:01	95	22150734	1202432	63076	17525	1702	141
17.12.2009	20:10:01	96	27127712	1353369	78151	23658	3197	213
17.12.2009	20:45:01	97	25087550	1183689	71103	16266	1065	71
17.12.2009	21:20:01	98	23033108	1013155	67704	17671	2129	0
17.12.2009	21:55:01	99	23237130	1022682	73576	23507	2485	0
17.12.2009	22:30:01	100	24345202	1045759	78510	22289	2413	0
17.12.2009	23:05:01	101	23519784	1025986	75420	20666	1917	71
17.12.2009	23:40:01	102	22395716	1071578	72562	21471	1275	0
17.12.2009	0:15:01	103	21146344	1071286	69525	17043	1633	71
17.12.2009	0:50:01	104	21140608	1141531	67445	14964	1205	70
17.12.2009	1:25:01	105	21516416	1250595	73752	19714	1560	0
17.12.2009	2:00:01	106	21407630	1279478	66429	14833	851	0
17.12.2009	2:35:01	107	18926450	1176482	51898	9300	496	0
17.12.2009	3:10:01	108	17563556	1099613	50024	8927	566	70
17.12.2009	3:45:01	109	15220755	943742	43786	6589	354	0
17.12.2009	4:20:01	110	12440539	772490	36738	5733	495	0
17.12.2009	4:55:01	111	10454122	656767	34046	4975	71	0
17.12.2009	5:30:01	112	9843999	776498	32215	3406	212	70
17.12.2009	6:05:01	113	9510913	690040	29319	4188	425	141
17.12.2009	6:40:01	114	9512326	653681	33978	5533	425	0
17.12.2009	7:15:01	115	9241350	635589	38634	7726	1134	354
17.12.2009	7:50:01	116	9896407	692725	56864	26659	10139	5459
17.12.2009	8:25:01	117	32263872	2411894	149129	61510	21212	7804
17.12.2009	9:00:01	118	37087416	2609039	184327	92376	23839	8584
17.12.2009	9:35:01	119	36546116	2453519	159777	58488	12918	3123
17.12.2009	10:10:01	120	23426922	1540901	139515	60936	14171	7085
17.12.2009	10:45:01	121	22260670	1399990	111132	48500	8947	2627
17.12.2009	11:20:01	122	18182988	1217053	150604	76296	19891	15060
17.12.2009	11:55:01	123	30231992	2115340	183187	75742	17659	5035
17.12.2009	12:30:01	124	31169716	2362460	185117	52779	11476	5596
17.12.2009	13:05:01	125	34920052	2594468	134286	53899	18747	7527

Keskiarvo	21605002	1357898	93296,82	36034,83	7564,176	2297,328
-----------	----------	---------	----------	----------	----------	----------

I-Vaiheen tilat. Huone. Mittaukset luovutuksen jälkeen. Tilassa uusi IV-laitteisto.

Päivä	Aika	Näyte nro	Particle Cut Point					
			0.30	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00
5.1.2010	8:46:28	1	5158676	297965	47796	38591	9700	4815
5.1.2010	9:21:28	2	5283450	183202	9071	4606	779	70
5.1.2010	9:56:28	3	3226366	142985	3335	212	0	0
5.1.2010	10:31:28	4	3740224	164251	1917	284	0	0
5.1.2010	11:06:28	5	4025083	161898	2052	141	0	0
5.1.2010	11:41:28	6	4578769	198265	2838	141	0	0
5.1.2010	12:16:28	7	5200729	214360	2626	354	0	0
5.1.2010	12:51:28	8	5984252	240340	3262	141	0	0
5.1.2010	13:26:28	9	5479026	222117	1846	71	0	0
5.1.2010	14:01:28	10	5435693	220130	2629	213	71	0
5.1.2010	14:36:28	11	5921428	285598	2764	212	0	0
5.1.2010	15:11:28	12	5802552	247258	2771	142	0	0
5.1.2010	15:46:28	13	6362521	255152	2549	283	0	0
5.1.2010	16:21:28	14	6571051	252959	2695	283	0	0
5.1.2010	16:56:28	15	7146906	282211	2344	284	71	0
5.1.2010	17:31:28	16	7653701	342934	4047	213	0	0
5.1.2010	18:06:28	17	8976228	413094	3898	496	0	0
5.1.2010	18:41:28	18	9898880	487166	6110	355	0	0
5.1.2010	19:16:28	19	10307664	508838	4900	284	0	0
5.1.2010	19:51:28	20	11165288	541485	5042	71	0	0
5.1.2010	20:26:28	21	10623980	506914	5040	141	0	0
5.1.2010	21:01:28	22	10844415	523822	5469	284	0	0
5.1.2010	21:36:28	23	10820177	525282	4820	212	0	0
5.1.2010	22:11:28	24	11204986	538903	5886	212	70	0
5.1.2010	22:46:28	25	12187915	585100	5317	283	0	0
5.1.2010	23:21:28	26	11769990	537976	5114	355	0	0
5.1.2010	23:56:28	27	11563936	539059	6099	212	0	0
6.1.2010	0:31:28	28	11689940	572241	5955	70	0	0
6.1.2010	1:06:28	29	11510265	564168	6600	496	70	0
6.1.2010	1:41:28	30	11792837	578604	5747	354	70	0
6.1.2010	2:16:28	31	12900665	651476	7281	353	70	0
6.1.2010	2:51:28	32	13779825	683103	8436	496	0	0
6.1.2010	3:26:28	33	14880108	767884	7241	425	0	0
6.1.2010	4:01:28	34	17110274	889657	8435	779	70	0
6.1.2010	4:36:28	35	15508720	813797	7949	496	70	0
6.1.2010	5:11:28	36	14045411	743737	6316	141	0	0
6.1.2010	5:46:28	37	12929172	693497	6673	354	0	0
6.1.2010	6:21:28	38	11748497	620483	5813	141	0	0
6.1.2010	6:56:28	39	11762594	618253	6468	568	0	0
6.1.2010	7:31:28	40	11646797	601669	5605	638	0	0
6.1.2010	8:06:28	41	11245675	532503	5324	354	0	0
6.1.2010	8:41:28	42	13179541	566075	5611	568	0	71
6.1.2010	9:16:28	43	16002544	676408	5030	212	0	0



6.1.2010	9:51:28	44	16469209	642684	4472	0	70	0
6.1.2010	10:26:28	45	14950293	599870	3612	212	70	0
6.1.2010	11:01:28	46	14403079	594569	3409	71	0	0
6.1.2010	11:36:28	47	21426788	1124548	3835	142	71	0
6.1.2010	12:11:28	48	19721268	972591	4108	212	0	0
6.1.2010	12:46:28	49	13677949	580617	2979	354	0	0
6.1.2010	13:21:28	50	14784970	655068	3615	70	0	0
6.1.2010	13:56:28	51	13079145	564482	4188	141	0	0
6.1.2010	14:31:28	52	15865394	741907	3835	213	0	0
6.1.2010	15:06:28	53	12837483	549655	3969	425	0	0
6.1.2010	15:41:28	54	12888998	535360	5035	70	0	0
6.1.2010	16:16:28	55	16595098	668503	3894	212	0	0
6.1.2010	16:51:28	56	21233160	760682	4259	212	70	0
6.1.2010	17:26:28	57	23436144	835579	6583	566	0	0
6.1.2010	18:01:28	58	20354240	717739	5107	638	0	0
6.1.2010	18:36:28	59	17823498	664610	4535	425	0	0
6.1.2010	19:11:28	60	18302164	711681	6171	425	0	0
6.1.2010	19:46:28	61	19790586	821142	6381	212	0	0
6.1.2010	20:21:28	62	19763320	912742	7175	426	0	0
6.1.2010	20:56:28	63	18138868	909886	7170	212	0	0
6.1.2010	21:31:28	64	15981143	872974	5458	283	0	0
6.1.2010	22:06:28	65	14391418	813183	5393	141	0	0
6.1.2010	22:41:28	66	13336867	780850	4964	141	0	0
6.1.2010	23:16:28	67	12607304	802699	5815	283	0	0
6.1.2010	23:51:28	68	12563932	817267	5884	496	0	0
7.1.2010	0:26:28	69	13139066	895559	7171	284	0	0
7.1.2010	1:01:28	70	14614501	982386	7439	141	0	0
7.1.2010	1:36:28	71	16959698	1093601	7946	70	0	0
7.1.2010	2:11:28	72	18836198	1235532	8093	283	0	0
7.1.2010	2:46:28	73	19234122	1270794	9783	70	0	0
7.1.2010	3:21:28	74	19759684	1342247	9352	141	0	0
7.1.2010	3:56:28	75	19287426	1274550	9504	141	0	0
7.1.2010	4:31:28	76	19103452	1312066	10953	142	0	0
7.1.2010	5:06:28	77	19364722	1303132	8517	283	141	0
7.1.2010	5:41:28	78	19696588	1254608	8859	425	0	0
7.1.2010	6:16:28	79	20498440	1259838	8100	426	71	0
7.1.2010	6:51:28	80	22104676	1306254	7726	1134	212	70
7.1.2010	7:26:28	81	23731334	1364398	16525	6241	1063	354
7.1.2010	8:01:28	82	26957796	1582409	15591	3472	566	0
7.1.2010	8:36:28	83	27824030	1408524	7139	706	70	70
7.1.2010	9:11:28	84	28783668	1399236	7385	213	0	0
7.1.2010	9:46:28	85	29073040	1371659	6724	353	0	0
7.1.2010	10:21:28	86	26641292	1238376	6308	708	70	0
7.1.2010	10:56:28	87	25396062	1127683	6168	425	0	0
7.1.2010	11:31:28	88	23380136	1001298	3824	283	0	0
7.1.2010	12:06:28	89	22345602	909447	4468	0	0	0

7.1.2010	12:41:28	90	21312280	886749	4680	141	0	0
7.1.2010	13:16:28	91	20301488	844865	3763	213	0	0
7.1.2010	13:51:28	92	22132978	870371	3969	283	0	0
7.1.2010	14:26:28	93	22520958	805209	4968	212	0	0
7.1.2010	15:01:28	94	19211628	734956	4755	425	0	0
7.1.2010	15:36:28	95	16265306	670736	5178	425	0	0
7.1.2010	16:11:28	96	14704474	631707	5685	142	0	0
7.1.2010	16:46:28	97	15053016	620233	5604	567	70	0
7.1.2010	17:21:28	98	15947972	732360	9799	426	71	0
7.1.2010	17:56:28	99	16043574	790967	11491	567	0	0
7.1.2010	18:31:28	100	16358312	812366	12252	849	70	0
7.1.2010	19:06:28	101	16499475	829284	12681	708	0	0
7.1.2010	19:41:28	102	17868230	836208	11496	709	0	0
7.1.2010	20:16:28	103	18080940	865248	11586	1066	0	0
7.1.2010	20:51:28	104	17611606	822680	12127	496	0	0
7.1.2010	21:26:28	105	16435680	759845	9569	708	0	0
7.1.2010	22:01:28	106	17385122	770194	7877	709	0	0
7.1.2010	22:36:28	107	16160647	751662	7507	283	70	0
7.1.2010	23:11:28	108	15315423	738865	7593	567	0	0
7.1.2010	23:46:28	109	15390937	786105	6315	354	0	0
8.1.2010	0:21:28	110	15365890	782510	8157	354	70	0
8.1.2010	0:56:28	111	15998710	900621	7937	212	0	0
8.1.2010	1:31:28	112	16591361	994313	9642	638	0	0
8.1.2010	2:06:28	113	16858456	1049855	8803	141	0	0
8.1.2010	2:41:28	114	17024766	1075977	8591	284	0	0
8.1.2010	3:16:28	115	16885982	1070624	7379	496	0	0
8.1.2010	3:51:28	116	16922898	1111967	8575	354	0	0
8.1.2010	4:26:28	117	16942312	1146428	10507	425	0	0
8.1.2010	5:01:28	118	16980328	1127402	9513	638	0	0
8.1.2010	5:36:28	119	17425852	1162187	9651	425	0	0
8.1.2010	6:11:28	120	17220470	1145731	9936	567	0	0
8.1.2010	6:46:28	121	16968920	1139180	10199	424	141	0
8.1.2010	7:21:28	122	16019659	1102703	24534	14252	4679	1772
8.1.2010	7:56:28	123	15871547	1062650	13769	5678	851	212
8.1.2010	8:31:28	124	14803118	809279	7453	496	0	0
8.1.2010	9:06:28	125	15981716	815310	4389	70	141	0
Keskiarvo			15234261,06	773077,208	6992,576	906,784	157,424	59,472